



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 115803608 B

(45) 授权公告日 2025. 06. 10

(21) 申请号 202180049060.0

(22) 申请日 2021.06.15

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115803608 A

(43) 申请公布日 2023.03.14

(30) 优先权数据
2020-135738 2020.08.11 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2023.01.09

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/022599 2021.06.15

(87) PCT国际申请的公布数据
W02022/034736 JA 2022.02.17

(73) 专利权人 株式会社维纳科斯

地址 日本香川县

(72) 发明人 岩崎修 香川幸大

(74) 专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司 11372

专利代理师 吴大建 赵子翔

(51) Int.Cl.
G01N 21/88 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2006066844 A1, 2006.03.30

审查员 胡亚婷

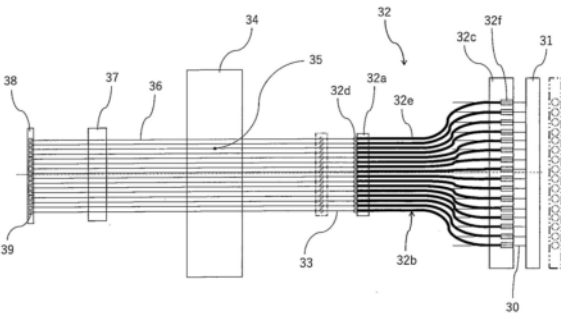
权利要求书5页 说明书19页 附图43页

(54) 发明名称

异物/缺陷检查装置、异物/缺陷检查中的图像生成装置以及异物/缺陷检查方法

(57) 摘要

由受光元件阵列(光电二极管阵列)的至少一个受光元件构成的一像素单位与光源一一对应,仅在光源发光时,由与该光源对应的至少一个受光元件(一像素单位)检测光束。照明光学系统包含导光单元,该导光单元使从多个光源射出的各光束的光轴的间隔在该多个光源的排列方向上缩小而向检查对象物引导各光束。



1. 一种异物/缺陷检查装置,其特征在于,

所述异物/缺陷检查装置具备:

照明光学系统,其包含光扫描单元,该光扫描单元扫描对从呈线状地分隔排列的多个光源向具有光散射性的检查对象物中的至少一个以上的检查面射出的光进行准直而得到的光束、或对准直后的光束进一步进行大致聚光而得到的光束;

受光光学系统,其以所述光源和由至少一个受光元件构成的一像素单位一对一地对应的方式与所述照明光学系统的扫描方向平行地配置,该受光光学系统包含多个受光元件,透射所述检查对象物的检查面后的所述光束照射到位于该检查对象物的异物或缺陷,所述多个受光元件接收来自该异物或缺陷的散射光、扩散光、或者被吸收/扩散反射、被透射扩散的具有强弱的光;以及

检测单元,其仅利用对应的受光元件检测来自所述照明光学系统的主扫描方向的任意位置处的所述光源的光束,

由所述至少一个受光元件构成的一像素单位的空间分辨率为检查对象物的检查面上的由照明光学系统形成的所述光束的空间分辨率以上,

所述照明光学系统包含导光单元,该导光单元使从所述多个光源射出的各光束的光轴的间隔在该多个光源的排列方向上缩小而向检查对象物引导各光束。

2. 根据权利要求1所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述准直后的光束或对准直后的光束进一步进行大致聚光而得到的光束的尺寸为 $10\mu\text{m}$ 以上且 $1000\mu\text{m}$ 以下,所述受光元件的尺寸满足200dpi以上。

3. 根据权利要求1所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述照明光学系统的光源是由至少一个LD构成的光源,且能够在所述检查对象物的所述检查面上沿所述多个受光元件的排列方向扫描对从该光源射出的激光进行准直而得到的光束或对准直后的光束进一步进行大致聚光而得到的光束。

4. 根据权利要求1所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述照明光学系统的光源是由至少一个LED构成的光源,且能够在所述检查对象物的所述检查面上沿所述多个受光元件的排列方向扫描对从该光源射出的激光进行准直而得到的光束或对准直后的光束进一步进行大致聚光而得到的光束。

5. 一种异物/缺陷检查装置,其特征在于,

所述异物/缺陷检查装置具备:

照明光学系统,其包含光扫描单元,该光扫描单元扫描以对从呈线状地分隔排列的多个光源向具有光散射性的检查对象物中的至少一个以上的检查面射出的光进行收敛的方式进行调整而得到的光束、或以扩展的方式进行调整而得到的光束;

受光光学系统,其以所述光源和由至少一个受光元件构成的一像素单位一对一地对应的方式与所述照明光学系统的扫描方向平行地配置,该受光光学系统包含多个受光元件,透射所述检查对象物的检查面后的所述光束照射到位于该检查对象物的异物或缺陷,所述多个受光元件接收来自该异物或缺陷的散射光、扩散光、或者被吸收/扩散反射、被透射扩散的具有强弱的光;以及

检测单元,其仅利用对应的受光元件检测来自所述照明光学系统的主扫描方向的任意位置处的所述光源的光束,

由所述至少一个受光元件构成的一像素单位的空间分辨率为检查对象物的检查面上的由照明光学系统形成的所述光束的空间分辨率以上，

所述照明光学系统包含导光单元，该导光单元使从所述多个光源射出的各光束的光轴的间隔在该多个光源的排列方向上缩小而向检查对象物引导各光束。

6. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，

所述导光单元包含光纤阵列，该光纤阵列具有供从所述多个光源射出的各光束射入的多个光纤，

各光纤的射出端的间隔比各光纤的射入端的间隔小。

7. 根据权利要求6所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，

所述导光单元包含多个准直透镜，该多个准直透镜与各光纤的射出端一对一地对应而对来自各光纤的射出光进行准直，

所述多个准直透镜以与所述多个光源相同的数量排列，其排列方向与所述受光元件的排列方向一致。

8. 根据权利要求6所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，

所述导光单元包含缩小组合透镜，该缩小组合透镜由配置在所述光纤阵列与检查对象物之间的多个透镜的组合构成，

通过所述缩小组合透镜而射出的各光束的光轴的间隔比射入到所述缩小组合透镜的各光束的光轴的间隔小。

9. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，

所述导光单元包含缩小组合透镜，该缩小组合透镜由配置在所述多个光源与检查对象物之间的多个透镜的组合构成，

通过所述缩小组合透镜而射出的各光束的光轴的间隔比射入到所述缩小组合透镜的各光束的光轴的间隔小。

10. 根据权利要求8所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，

所述受光光学系统包含放大组合透镜，该放大组合透镜由配置在检查对象物与所述多个受光元件之间的多个透镜的组合构成，

通过所述放大组合透镜而射出的各光束的光轴的间隔比射入到所述放大组合透镜的各光束的光轴的间隔大。

11. 根据权利要求10所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，所述放大组合透镜具有使通过该放大组合透镜而射出的各光束的光轴的间隔以与所述受光元件的间隔匹配的方式进行放大的放大率。

12. 根据权利要求8所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，所述多个透镜分别在所述多个光源的排列方向上具有由焦距的倒数表示的焦度，通过焦度分别不同的透镜的组合来构成所述组合透镜。

13. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，所述照明光学系统的所述光束的扫描间隔为沿主扫描方向排列的由至少一个受光元件构成的像素单位的空间分辨率以下。

14. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置，其特征在于，检查对象物是具有透射从所述光源射出的光的性质的介质。

15. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,检查对象物是具有反射从所述光源射出的光的性质的介质。

16. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述受光光学系统具有使透射检查对象物的检查面后的光在所述受光元件上成像的透镜系统。

17. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述检测单元与所述照明光学系统中的所述光束的扫描同步地,仅对所述多个受光元件中的各扫描位置处的所述光束的中心部附近的受光元件进行信号输出。

18. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述异物/缺陷检查装置具有多个针对所述检查对象物的一个检查面上的、所述光源与一像素单位的所述至少一个受光元件的组合。

19. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述照明光学系统与受光光学系统的组合能够在光轴方向上移动。

20. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述受光元件为线传感器。

21. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述受光元件为区域传感器。

22. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述受光光学系统包含透镜阵列。

23. 根据权利要求22所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,
所述透镜阵列具备与各像素一对一地对应的复眼透镜,
在所述复眼透镜与各像素之间设置有与各像素一对一地对应的光圈,各光圈位于各光源的光轴上。

24. 根据权利要求16所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,相对于透射所述检查面后的光中的因光散射而产生的散射光、扩散光、或者被吸收/扩散反射、被透射扩散后的具有强弱的光向所述透镜系统的射入角,所述透镜系统的孔径角为 $1\text{mrad} \sim 20\text{mrad}$ 。

25. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述异物/缺陷检查装置具有多个波长的所述光源。

26. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,呈线状分隔排列的多个所述光源具有多条线,且是同一波长的多条线状的光源,或者是不同的多个波长的线状的光源。

27. 根据权利要求1或5所述的异物/缺陷检查装置,其特征在于,所述异物/缺陷检查装置具有多个所述检查对象物的检查面,且在光轴方向上具有多个景深区域。

28. 一种异物/缺陷检查方法,其特征在于,所述异物/缺陷检查方法具备:
通过照明光学系统扫描光束的步骤,该照明光学系统包含光扫描单元,该光扫描单元扫描对从呈线状地分隔排列的多个光源向具有光散射性的检查对象物中的至少一个以上的检查面射出的光进行准直而得到的光束、或对准直后的光束进一步进行大致聚光而得到的光束;

通过受光光学系统接收光束的步骤,该受光光学系统以所述光源和由至少一个受光元件构成的一像素单位一对一地对应的方式与所述照明光学系统的扫描方向平行地配置,该

受光光学系统包含多个受光元件,透射所述检查对象物的检查面后的所述光束照射到位于该检查对象物的异物或缺陷,所述多个受光元件接收来自该异物或缺陷的散射光、扩散光、或者被吸收/扩散反射、被透射扩散的具有强弱的光;以及

仅利用对应的受光元件检测来自所述照明光学系统的主扫描方向的任意位置处的所述光源的光束的步骤,

由所述至少一个受光元件构成的一像素单位的空间分辨率为检查对象物的检查面上的由照明光学系统形成的所述光束的空间分辨率以上,

所述照明光学系统包含导光单元,该导光单元使从所述多个光源射出的各光束的光轴的间隔在该多个光源的排列方向上缩小而向检查对象物引导各光束。

29. 一种异物/缺陷检查方法,其特征在于,所述异物/缺陷检查方法具备:

通过照明光学系统扫描光束的步骤,该照明光学系统包含光扫描单元,该光扫描单元扫描以对从呈线状地分隔排列的多个光源向具有光散射性的检查对象物中的至少一个以上的检查面射出的光进行收敛的方式进行调整而得到的光束、或以扩展的方式进行调整而得到的光束;

通过受光光学系统接收光束的步骤,该受光光学系统以所述光源和由至少一个受光元件构成的一像素单位一对一地对应的方式与所述照明光学系统的扫描方向平行地配置,该受光光学系统包含多个受光元件,透射所述检查对象物的检查面后的所述光束照射到位于该检查对象物的异物或缺陷,所述多个受光元件接收来自该异物或缺陷的散射光、扩散光、或者被吸收/扩散反射、被透射扩散的具有强弱的光;以及

仅利用对应的受光元件检测来自所述照明光学系统的主扫描方向的任意位置处的所述光源的光束的步骤,

由所述至少一个受光元件构成的一像素单位的空间分辨率为检查对象物的检查面上的由照明光学系统形成的所述光束的空间分辨率以上,

所述照明光学系统包含导光单元,该导光单元使从所述多个光源射出的各光束的光轴的间隔在该多个光源的排列方向上缩小而向检查对象物引导各光束。

30. 根据权利要求28或29所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,

所述导光单元包含光纤阵列,该光纤阵列具有供从所述多个光源射出的各光束射入的多个光纤,

各光纤的射出端的间隔比各光纤的射入端的间隔小。

31. 根据权利要求30所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,

所述导光单元包含多个准直透镜,该多个准直透镜与各光纤的射出端一对一地对应而对来自各光纤的射出光进行准直,

所述多个准直透镜以与所述多个光源相同的数量排列,其排列方向与所述受光元件的排列方向一致。

32. 根据权利要求31所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,

所述导光单元包含缩小组合透镜,该缩小组合透镜由配置在所述光纤阵列与检查对象物之间的多个透镜的组合构成,

通过所述缩小组合透镜而射出的各光束的光轴的间隔比射入到所述缩小组合透镜的各光束的光轴的间隔小。

33. 根据权利要求28或29所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,

所述导光单元包含缩小组合透镜,该缩小组合透镜由配置在所述多个光源与检查对象物之间的多个透镜的组合构成,

通过所述缩小组合透镜而射出的各光束的光轴的间隔比射入到所述缩小组合透镜的各光束的光轴的间隔小。

34. 根据权利要求32所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,

所述照明光学系统包含放大组合透镜,该放大组合透镜由配置在检查对象物与所述多个受光元件之间的多个透镜的组合构成,

通过所述放大组合透镜而射出的各光束的光轴的间隔比射入到所述放大组合透镜的各光束的光轴的间隔大。

35. 根据权利要求34所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,所述放大组合透镜具有使通过该放大组合透镜而射出的各光束的光轴的间隔以与所述受光元件的间隔匹配的方式进行放大的放大率。

36. 根据权利要求32所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,所述多个透镜分别在所述多个光源的排列方向上具有由焦距的倒数表示的焦度,通过焦度分别不同的透镜的组合来构成所述组合透镜。

37. 根据权利要求28或29所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,所述照明光学系统的所述光束的扫描间隔为沿主扫描方向排列的由至少一个受光元件构成的像素单位的空间分辨率以下。

38. 根据权利要求28或29所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,所述异物/缺陷检查方法具有多个波长的所述光源。

39. 根据权利要求28或29所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,呈线状分隔排列的多个所述光源具有多条线,且是同一波长的多条线状的光源,或者是不同的多个波长的线状的光源。

40. 根据权利要求28或29所述的异物/缺陷检查方法,其特征在于,所述异物/缺陷检查方法具有多个所述检查对象物的检查面,且在光轴方向上具有多个景深区域。

异物/缺陷检查装置、异物/缺陷检查中的图像生成装置以及 异物/缺陷检查方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光散射透射介质中的具有异物、厚度的检查对象物中的伤痕、凹凸、缺陷、缺失、附着的异物的检查方法及检查装置、以及检测出的异物的图像生成装置。

背景技术

[0002] 一直以来主要在使用可视区域的光源的表面检查装置中采用的系统是线传感器摄像机、接触式图像传感器(以下记为CIS)、或者基于激光束的扫描型光学系统与光电转换元件(光电倍增二极管、雪崩光电二极管、CCD传感器、CMOS传感器等)、包含光导的受光光学系统的组合等代表性的检查系统,其大多是对来自检查对象物中的伤痕、凹凸、缺陷、缺失、附着的异物等的反射光、荧光进行受光的反射型。

[0003] 与此相对,在使受光系统和照明系统夹着检查对象物而对置配置的透射型中,检查对象物大多透明、薄、透射率高。而且,在具有厚度的检查对象物中,检测该检查对象物中所包含的异物、伤痕、缺陷等的系统很少。

[0004] 作为非破坏检查装置,有名的透射性优异的X射线检查装置使用作为放射线的X射线,因此需要设置放射线管理区域,也必须管理放射线对人的辐射量。即,在决定设置场所方面的门槛高。而且,由于是大型的,也有重量,因此向工厂的已有的生产线的追加导入并不容易。此外,由于价格高,因此无法设置较多的检查点。

[0005] 另外,在X射线检查装置中,X射线自身的良好的透射性成为缺点,连异物、缺陷、伤痕这样的物体都会透射,无法区别的情况也较多。

[0006] 在使用了X射线以外的波长的检查装置中,在所述透射介质具有光散射性的情况下,无法实现该透射介质所包含的异物、伤痕、缺陷、缺失等的检测装置。

[0007] 在本发明中,不仅存在技术问题,而且在研究向现场的导入的基础上,还考虑设置的简便性、对人体的危险性、导入设备费用等,以使用X射线以外的光源为前提。

[0008] 在专利文献1中,公开了通过在主扫描方向上扫描作为照明光的激光束来检测薄膜的凹陷、弯折的方法。

[0009] 在专利文献2中,通过使照明光学系统的光轴与受光光学系统的光轴错开,来抑制检查对象物的透射光被来自照明光学系统的直接光、干扰光埋没。即,专利文献2是为了检测存在于检查对象物的内部的异物、缺陷等而对检查对象物照射光而利用透射光的阴影所包含的信息的方法,此时,进行了如下研究:使成为噪声的干扰光等分量不混入来自检查对象物的表面附近的异物、缺陷的信号,从而更容易检测异物、缺陷。

[0010] 在专利文献3中公开了如下内容:利用偏振光来获取变更了照明侧与受光侧的偏振轴的偏移方式的多个图像,在进行了对比度调整之后应用差分等处理,由此消除噪声,能够实现检查对象物内部的准确的异物、缺陷检测。

[0011] 在专利文献4中示出了通过使激光束扫描光学系统与接收透射试样的光的受光光学系统的光轴一致来得到透射像。

- [0012] 现有技术文献
- [0013] 专利文献
- [0014] 专利文献1:日本特开2010-271133号公报
- [0015] 专利文献2:日本特开2015-219090号公报
- [0016] 专利文献3:日本专利第6451980号公报
- [0017] 专利文献4:日本特开平3-134609号公报

发明内容

[0018] 发明所要解决的问题

[0019] 在专利文献1中,主要检测检查对象物表面的伤痕、凹凸。检查对象物大多是薄膜等厚度薄的材料,能够利用景深较浅的CIS进行检查。然而,在将具有厚度且表面的凹凸大的物体或层叠电子基板等布线图案的检查等作为检查对象物时,在仅具有1~2mm的景深的现有型的CIS中,检测变得困难。需要新的具备景深较深、工作距离长(以下记为W.D.)的受光光学系统的检查装置。

[0020] 景深较深的光学系统主要是远心光学系统,具备该光学系统的线传感器摄像机是主流。然而,远心光学系统的尺寸大,难以用于工厂的狭窄的搬运路。进一步地,在工厂的生产线的搬送宽度较宽的情况下,远心光学系统的视野窄,因此需要较多的摄像机。因此,也存在导入成本变高的难点。

[0021] 在专利文献2的光学系统的情况下,在检测光散射性大的透射介质中的异物、缺陷、伤痕等的情况下,由于不利用照明光学系统的光轴附近的光,因此受光光学系统的受光光量降低,而且能够检测的透射光以接收检查对象物中的散射光为中心,因此检查对象物自身散射的干扰光成为信号分量的支配性分量,难以辨别并检测检查对象物中的位于较深部分的异物散射的净散射光。

[0022] 在专利文献3的情况下,在试样的光散射性小的情况下没有问题,但在检查对象物的光散射能力大的情况下,由于散射引起的偏振消除而失去偏振信息,因此难以出现由偏振轴的偏移方式引起的差,难以检测作为具有透射性的光散射介质的检查对象物中的异物、缺陷。

[0023] 在专利文献4的情况下,对于具有厚度的检查对象物,即使是全光线透射率高的介质,由于介质中的微小的折射率的不均匀性的主要原因,有时激光束扫描光学系统与受光光学系统的光轴不一致,无法得到信号本身,即,也会发生漏看异物、伤痕、缺陷、缺失等的情况。

[0024] 根据以上,在现有技术中,总体上景深较浅,因此例如在检查对象物为具有10mm以上的厚度的食品检查对象物、电路板等的情况下,无法得到深度方向的信息,结果,有时无法进行异物、缺陷、伤痕、缺失等的检测。或者,景深较深的远心光学系统大型化,因此难以配置在狭窄的场所。另外,例如,在工厂的生产线中实施全数的异物检查的情况下,在上述的检测方法中,无法检测电子基板的伤痕、不良部分,特别是在食品等中,会带来漏看存在异物混入而出厂的危险性。

[0025] 以上,现有的CIS的景深较浅,因此无法掌握具有厚度的检查对象物的深度方向的信息,因此无法保证检查的可靠性。另外,CIS以外的现有的方式由于使用摄像机镜头、远心

光学系统,因此无法避免大型化,难以向工厂的现有生产线追加导入,特别是无法向狭窄的场所追加导入。

[0026] 在图1中示出典型的CIS,同样在图2中示出CIS用线状照明光学系统。在图1中,是CIS的长边方向中央部附近的剖视图。图2是立体图。Z方向为主扫描方向,X方向为副扫描方向。线状照明光源10是在主扫描方向上具有细长的光量分布的照明光学系统。

[0027] 在图1所示的CIS中,两个框体16夹着焦点面20对置配置。在各壳体16内设置有用对于位于焦点面20上的检查对象物进行照明的线状照明光源10。在一方的壳体16内设置有透镜阵列11以及受光部12,来自被照明的检查对象物的光被透镜阵列11引导至受光部12。透镜阵列11是将来自检查对象物的光成像于受光部12的光学元件。在图1所示的CIS中,以焦点面20为基准,两个线状照明光源10中的一方配置在受光部12侧,另一方配置在与受光部12侧相反的一侧。

[0028] 受光部12安装在固定于一方的框体16的基板13上。通过透镜阵列11的光被受光部12的受光面12A接收,与该受光量对应的信号被从受光部12输出。通过将检查对象物沿着焦点面20向一个方向X搬运,来自检查对象物的光被受光部12连续地接收,基于来自受光部12的输出信号得到检查对象物的图像(彩色图像、荧光图像等)。

[0029] 从一方的线状照明光源10射出的光B3透射固定于壳体16的保护玻璃14,被设置于固定于另一方的壳体16的保护玻璃14A的内表面的反射部件17A反射,并被引导至焦点面20。在从焦点面20到受光部12为止的任意位置设置有阻止紫外光射入到受光部12的紫外光截止滤光片(UV截止滤光片)15。另外,在受光部12与紫外光截止滤光片15之间设置有使特定波长范围的可见光通过的彩色滤光片18。在一方的壳体16内的与线状照明光源10的底面对置的位置,设置有用对于固定线状照明光源10所具备的光源部103(紫外光源、可见光源等)的基板5。

[0030] 线状照明光源10具备沿长度方向L延伸的透明的导光体101、设置在长度方向L的一方的端面附近的光源部103、以及用于保持导光体101的各侧面的罩部件102。从光源部103射出的光射入到导光体101,一边在该导光体101中传播一边被光扩散图案P适当反射,从光射出面向箭头方向射出,成为线状的照明光而对检查对象物进行照明。然而,该照明光学系统由于导光体101而使照明光扩散,在具有厚度且具有光散射透射性的检查对象物中,光轴方向的受光光量的衰减成为问题。进一步地,现有的CIS的景深较浅,在检查对象物具有厚度的情况下,难以进行厚度方向整体的检查,并且,由于W.D.较窄,因此与检查对象物接触,检查本身不成立的情况较多。即,在现有的CIS光学系统中,对于具有厚度的透射介质的异物、缺陷的检查非常困难,在具有光散射性的情况下,更困难。

[0031] 用于解决问题的手段

[0032] 本发明人针对上述那样的问题进行了深入研究,结果发现了即使是具有10mm以上的厚度的光散射性介质的检查对象物,也能够检测异物、缺陷、伤痕、缺失等,实现现有的CIS那样的薄型、小型化的手段。另外,还同时发现了即使光散射能力更大且具有厚度的透射介质是检查对象物,也能够检测该检查对象物中的异物、缺陷等。具体而言,提供如下方式:使该光束、来自该光束所照射到的异物/缺陷的散射光不射入到未被照射光束的像素,同时仅从与光源进行一对一地对应的一像素单位的至少一个受光元件取出输出信号,由此能够极力减少像素间的串扰分量,使检查对象物中的异物、缺陷等的检测准确。在将受光光

学系统的至少一个受光元件设为单位像素的情况下,切换为仅在通过该像素的光扫描照明光即光束扫描中的一像素量的滞留时间中,单位像素输出,若不使该光束、来自该光束所照射到的异物/缺陷的散射光射入到未被照射光束的像素,则能够极力减少像素间的串扰分量,使检查对象物中的异物、缺陷等的检测准确。在此,滞留时间是指所述光束的大致中心部从所述一个像素的一方的端部横穿另一方的端部的期间。若使所述照明光学系统的照射光束直径在检查对象物的深度方向上大致相同且小于受光光学系统的像素分辨率,则能够大致均匀地对检查对象物中的异物、缺陷、伤痕、缺失等进行照明。

[0033] 在本发明中,提出了在上述的一对一地对应的光源和受光元件的配置、照明与受光元件的输出的关系的基础上,还能够进行更高分辨率的检测的方式。具体而言,照明光学系统包含导光单元,该导光单元使从多个光源射出的各光束的光轴的间隔在该多个光源的排列方向上缩小而向检查对象物引导。此外,也可以包含使从一次缩小的多个光源射出的各光束的光轴的间隔与受光元件一致地放大的单元。

[0034] 发明效果

[0035] 根据本发明,由受光元件阵列(光电二极管阵列)的至少一个受光元件构成的一像素单位与光源一对一地对应,仅在光源发光时,由与该光源对应的至少一个受光元件(一个像素单位)检测光束。因此,被准直或进一步大致聚光的仅一根光束射入到检查对象物中的“异物/缺陷”,受光元件能够分离仅检测散射的光,因此即使是具有光散射性且具有厚度的检查对象,也能够以良好的S/N(串扰极少)检测“异物/缺陷”。另外,通过导光单元,高分辨率的检测成为可能。在本发明中,在具有光散射性的检查对象物中,不仅包含光散射透射性介质,还包含反射介质。在本发明中,由于光源侧的景深较深,因此即使反射介质等是检查对象物,也能够进行“异物/缺陷”检查,并且即使薄膜等较薄的检查对象物在工序的搬运系统的上下移动剧烈的场所沿光轴方向移动,也能够进行高分辨率的检查。

附图说明

[0036] 图1是现有的CIS的剖视图。

[0037] 图2是现有的CIS用线状照明光学系统的分解立体图。

[0038] 图3A是本发明所涉及的异物/缺陷检查装置的示意图。

[0039] 图3B是表示异物/缺陷检查装置的第一变形例的示意图。

[0040] 图3C是表示异物/缺陷检查装置的第二变形例的示意图。

[0041] 图3D是表示异物/缺陷检查装置的第三变形例的示意图。

[0042] 图3E是表示异物/缺陷检查装置的第四变形例的示意图。

[0043] 图4A是表示本发明的散射光向相邻的像素的串扰的图。

[0044] 图4B是表示本发明的平行光束射入到受光透镜阵列,在射出后扩散,在受光元件上成为背景噪声的图。

[0045] 图5A是在现有发明中串扰分量和背景噪声分量混合存在的信号。

[0046] 图5B是在本发明中几乎没有串扰分量、背景噪声分量的情况下的信号。

[0047] 图6A是表示 $10\mu\text{m}$ 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。

[0048] 图6B是表示 $10\mu\text{m}$ 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为

二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。

[0049] 图6C是表示17 μm 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。

[0050] 图6D是表示17 μm 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。

[0051] 图6E是表示25 μm 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。

[0052] 图6F是表示25 μm 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。

[0053] 图6G是表示30 μm 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。

[0054] 图6H是表示30 μm 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。

[0055] 图7是表示本发明的多光束照明-多扫描受光方式的示意图。

[0056] 图8表示由不透射性“异物/缺陷”引起的光散射。

[0057] 图9A是表示反射型的实施方式的示意图。

[0058] 图9B是表示本发明的反射型的另一实施方式的示意图。

[0059] 图10是本发明的进一步减小串扰分量的另一方式的示意图。是赋予与受光系统的每一个复眼透镜对应的光圈(阵列)的方式。

[0060] 图11是表示准直后的相邻的光束重叠的情况的示意图(从光轴方向观察的剖视图)。

[0061] 图12A是本发明的边缘法的实验的示意图。

[0062] 图12B是现有技术的边缘法的实验的示意图。

[0063] 图13是本发明的实施例中的LD的光束轮廓。

[0064] 图14A:在本发明的实施例中,(1)表示两张扩散板的情况下的边缘信号的响应的曲线图(标准值)、以及(2)表示边缘响应信号的相邻像素间的差分(标准值)。

[0065] 图14B:在本发明的实施例中,(1)表示三张扩散板的情况下的边缘信号的响应的曲线图(标准值)、以及(2)表示边缘响应信号的相邻像素间的差分(标准值)。

[0066] 图14C:在本发明的实施例中,(1)表示四张扩散板的情况下的边缘信号的响应的曲线图(标准值)、以及(2)表示边缘响应信号的相邻像素间的差分(标准值)。

[0067] 图14D:在本发明的实施例中,(1)表示五张扩散板的情况下的边缘信号的响应的曲线图(标准值)、以及(2)表示边缘响应信号的相邻像素间的差分(标准值)。

[0068] 图15A:根据现有方式,(1)表示两张扩散板的情况下的边缘信号的响应的曲线图(标准值)、以及(2)表示边缘响应信号的相邻像素间的差分(标准值)。

[0069] 图15B:根据现有方式,(1)表示三张扩散板的情况下的边缘信号的响应的曲线图(标准值)、以及(2)表示边缘响应信号的相邻像素间的差分(标准值)。

[0070] 图15C:根据现有方式,(1)表示四张扩散板的情况下的边缘信号的响应的曲线图(标准值)、以及(2)表示边缘响应信号的相邻像素间的差分(标准值)。

[0071] 图15D:根据现有方式,(1)表示五张扩散板的情况下的边缘信号的响应的曲线图

(标准值)、以及(2)表示边缘响应信号的相邻像素间的差分(标准值)。

[0072] 图16是表示本发明的模拟模型的示意图。

[0073] 图17A是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质中心、光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.00wt %的情况。

[0074] 图17B是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质中心、光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.04wt %的情况。

[0075] 图17C是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质中心、光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.08wt %的情况。

[0076] 图17D是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质中心、光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.12wt %的情况。

[0077] 图17E是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质中心、光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.16wt %的情况。

[0078] 图17F是表示异物粒子位于光散射透射性介质中心的情况下的模拟结果的曲线图,表示光散射透射性介质的各浓度下的输出比较。

[0079] 图18A是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的光源侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.00wt %的情况。

[0080] 图18B是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的光源侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.04wt %的情况。

[0081] 图18C是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的光源侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.08wt %的情况。

[0082] 图18D是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的光源侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.12wt %的情况。

[0083] 图18E是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的光源侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.16wt %的情况。

[0084] 图18F是表示异物粒子位于光散射透射性介质的光源侧端部的情况下的模拟结果的曲线图,表示各浓度下的输出比较。

[0085] 图19A是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的受光传感器侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.00wt %的情况。

[0086] 图19B是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的受光传感器侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.04wt %的情况。

[0087] 图19C是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的受光传感器侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.08wt %的情况。

[0088] 图19D是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的受光传感器侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.12wt %的情况。

[0089] 图19E是表示模拟的结果的曲线图,表示异物粒子位于光散射透射性介质的受光传感器侧端部,光散射透射性介质的散射粒子浓度为0.16wt %的情况。

[0090] 图19F是表示异物粒子位于光散射透射性介质的受光传感器侧端部的情况下的模拟结果的曲线图,表示各浓度下的输出比较。

[0091] 图20是示出由在主扫描方向上排列的多个光源和至少一个受光元件构成的多个

像素一对一地对应的示意图。

[0092] 图21是基于现有技术的检查方式的概念图。

[0093] 图22示出了如下方式:在检查对象物厚的情况下,并且在受光透镜阵列的景深比检查对象物的厚度窄的情况下,使景深位置在光轴方向上偏移,通过光束分束器使散射光分支,能够在检查对象物的整个厚度方向上进行检测。

具体实施方式

[0094] 以下,在本发明中,将上述的具有异物、厚度的检查对象物中的伤痕、凹凸、缺陷、缺失、附着的异物等简称为“异物/缺陷”。作为示意图,在图3A中示出本发明所涉及的异物/缺陷检查装置的一个例子。然而,也能够提供将在异物/缺陷检查装置中获取到的信号加工成图像信息并输出的图像生成装置。

[0095] 图3A的附图标记31是光源。该光源31是将多个LD(激光二极管)或多个LED呈线状分隔地排列而成的。图3A中用实线表示的光源31是侧视图,在用实线表示的光源31的侧方用双点划线假想地表示该光源31的主视图。从多个光源31射出的各光束通过导光单元32被导向检查对象物34。

[0096] 在导光单元32中,包含准直透镜阵列32a、光纤阵列32b以及透镜阵列32c等。在准直透镜阵列32a中,多个准直透镜32d排列在一条直线上。排列好的准直透镜32d的数量与光源31的数量相同,但彼此相邻的准直透镜32d的间隔小于彼此相邻的光源31的间隔。在透镜阵列32c中,多个透镜32f排列在一条直线上。排列的透镜32f的数量与光源31的数量相同,彼此相邻的透镜32f的间隔也与彼此相邻的光源31的间隔一致。光纤阵列32b将准直透镜阵列32a与透镜阵列32c光学连接。具体而言,在光纤阵列32b中包含与光源31的数量相同的光纤32e,各光纤32e与各准直透镜32d以及各透镜32f一对一地对应。

[0097] 透镜阵列32c的各透镜32f与各光源31的位置对置。透镜阵列32c用于将来自各光源31的光向各光纤32e引导,各透镜32f与各光纤32e的射入侧端面大致紧贴地配置。用于该透镜阵列32c的透镜32f优选微球透镜、折射率分布透镜等。各光纤32e在射出侧以线状排列固定,且间隔比射入侧窄,设为与受光元件阵列38(光电二极管阵列)中的受光元件的间距相等的间隔。即,从多个光源31射出的各光束所射入的多个光纤32e的各自的射出端(准直透镜32d侧的端部)的间隔比各自的射入端(透镜侧的端部)的间隔小。由此,能够使从多个光源31射出的各光束的光轴的间隔在该多个光源31的排列方向上缩小而向检查对象物34引导。

[0098] 从各光纤32e射出的光透过例如由微球透镜等微小透镜构成的准直透镜32d,从而成为准直后的光束。这样,多个准直透镜32d与各光纤32e的射出端一对一对应地对来自各光纤32e的射出光进行准直。与多个光源31数量相同地排列的多个准直透镜32d的排列方向与受光元件的排列方向一致。光纤32e的排列方向的间距需要与受光元件(光电二极管)大致相同的间距,因此优选外径(包层直径或被覆直径)小的光纤32e。另外,光源31也优选相干性低的光源。作为上述光纤32e,可以列举SI(阶跃)型、GI(渐变)型、单模型等。另外,照明系统的排列方向与受光系统的元件的排列方向平行。

[0099] 上述的优点在于,光源31的大小的制约变少,能够使射出侧的线照明系统比光源31侧更密集地排列。另外,散热对策也变得比较容易,导致LD、LED的光量提高、动作的稳定

性、耐久性的提高等。

[0100] 从各光纤32e射出的光被准直透镜32d准直,成为与光源31数量相同的大致平行光束33。图3A中用实线表示的准直透镜阵列32a是侧视图,在用实线表示的准直透镜阵列32a的侧方用双点划线假想地表示该准直透镜阵列32a的主视图。多个大致平行光束33射入到检查对象物34,被检查对象物34中的“异物/缺陷”35散射后的散射光36在受光透镜阵列37的景深内被捕捉,聚光到该受光透镜阵列37的焦点位置39,射入到受光元件阵列38。受光元件阵列38一般是在副扫描方向上具有一行线传感器,但也可以是在副扫描方向上具有多行线传感器、或者区域传感器。受光透镜阵列37优选以SELFOC透镜为代表的折射率分布透镜阵列,但也可以是将多个其他球面透镜等呈线状地排列的透镜阵列。另外,也可以是由准直透镜32d准直后的光进一步大致聚光的结构。在此,“大致聚光”不限于使LED所发出的光聚光的结构,也包含使用聚光透镜等形成激光束的光束腰的情况。由准直透镜32d准直后的光束、或者将该准直后的光束进一步大致聚光后的光束的尺寸(光束直径)优选为能够与Mie散射区域的“异物/缺陷”粒子对应的 $10\mu\text{m}$ 至能够与几何光学近似区域的“异物/缺陷”粒子对应的 $1000\mu\text{m}$ 左右。然而,也可以根据光散射透射性介质的深度、厚度,以缩小由准直透镜32d准直后的光的方式进行调整,或者以扩展的方式进行调整。

[0101] 在检查对象物没有“异物/缺陷”的情况下,由于以大致平行光束的状态射入到该受光透镜阵列37,因此不聚焦,在受光透镜阵列37的焦点位置39发散,在受光元件阵列(光电二极管阵列)38中,直接光衰减而成为偏置分量。因此,在受光元件阵列(光电二极管阵列)38中,仅检测由加上或减去了直接光的偏置分量的“异物/缺陷”引起的散射光36的信号分量(变动分量)。

[0102] 在此,对受光元件阵列(光电二极管阵列)38中的串扰分量的抑制方法进行说明。在使光源同时点亮的情况下,在受光元件阵列(光电二极管阵列)38的排列方向上呈线状地照明光。因此,在“异物/缺陷”沿排列方向排列的状况下,相同的受光元件(光电二极管)同时接收位于不同位置的“异物/缺陷”的散射光,位置的确定变得困难。即,位置检测分辨率降低。串扰避免方法是使一个光源与一个光电二极管对应。即,使光源和受光元件(光电二极管)按照一像素单位进行一对一地对应是避免串扰的手段之一。一像素由至少一个受光元件构成,但不限于一像素由一个受光元件构成的结构,一像素也可以由多个受光元件构成的结构。

[0103] 再次对图3A进行说明。在图3A中,在检查对象物的一个检查面上具有多个光源和受光元件的组合。在该情况下,优选通过使多个光源依次点亮来在主扫描方向(多个光源的排列方向)上扫描光束,使得相邻的光源不会同时点亮。此时,能够单独地控制各光源的动作的控制部(未图示)作为用于使光束扫描的光扫描单元而发挥功能。该光扫描单元、光源31以及导光单元32等构成照明光学系统。另一方面,受光元件阵列(光电二极管阵列)38构成受光光学系统。另外,受光透镜阵列37构成使透射检查对象物的检查面的光在受光元件阵列(光电二极管阵列)38的受光元件上成像的透镜系统,该透镜系统包含在受光光学系统中。照明光学系统和受光光学系统的组合既可以能够在光轴方向上移动,也可以是景深在与多个检查面对应的光轴方向上不重叠的多个所述照明光学系统以及受光光学系统。在照明光学系统为多个的情况下,例如也可以是呈线状分隔排列的多个光源31具有多条线的结构。在该情况下,可以是同一波长的多条线状的光源31,也可以是不同的多个波长的线状的

光源31。在仅受光光学系统在光轴方向上不重叠的情况下,在受光光学系统中使用将光分支的各种单元。例如,有使用一个或多个分束器等光学元件的方法。或者,还有用分色镜分离各波长,判别异物的种类的方法。

[0104] 图3B是表示“异物/缺陷”检查装置的第一变形例的示意图。图3B示出了通过进一步减小受光元件(光电二极管)的间距来进一步提高分辨率的结构。在该例子中,导光单元32包含由多个透镜的组合构成的组合透镜(缩小组合透镜)32g。

[0105] 组合透镜32g配置在光纤阵列32b与检查对象物34之间,更具体而言,配置在准直透镜阵列32a与检查对象物34之间。组合透镜32g由例如由凸型-凸型的组合构成的一组柱面透镜构成。由此,通过组合透镜32g而射出的各光束的光轴的间隔比射入到组合透镜32g的各光束的光轴的间隔小。这样,通过焦距不同的一组柱面透镜,准直后的光束的间距通过缩小倍率而适当缩小,能够与提高了分辨率的更高精细的受光元件阵列(光电二极管阵列)的间距相等。

[0106] 图3C是表示“异物/缺陷”检查装置的第二变形例的示意图。与图3B的情况类似,图3C示出了通过进一步减小受光元件(光电二极管)的间距来进一步提高分辨率的情况下的结构。在该例子中,导光单元32所包含的组合透镜(缩小组合透镜)32h不是由凸型-凸型的组合构成,而是通过由凸型-凹型的组合构成的一组柱面透镜构成。凸型的柱面透镜配置在准直透镜阵列32a侧,凹型的柱面透镜配置在检查对象物34侧。即使是这样的结构,也能够使通过组合透镜32h而射出的各光束的光轴的间隔比射入到组合透镜32h的各光束的光轴的间隔小。

[0107] 在图3A~图3C中,对使用了光纤阵列32b的结构进行了说明,但不限于这样的结构。目前,以LED打印机为代表,LED的高密度化不断发展,已经实现了1200dpi。如果使用该LED阵列,则能够实现高分辨率。即,对从LED阵列射出的射出光进行准直,将该准直后的光束替换为图3B或图3C的光源来使用即可。在LED打印机的情况下,透镜阵列是折射率分布型透镜的等倍成像系统,但在本发明中使用的折射率分布型透镜使用一方的焦点位于无限远的透镜。另外,更优选使用VCSEL等高密度的LD阵列。关于上述方式,以下说明具体例。

[0108] 图3D是表示“异物/缺陷”检查装置的第三变形例的示意图。在该例子中,代替光纤阵列32b而使用组合透镜(缩小组合透镜)32i,能够使从多个光源31射出的各光束的光轴的间隔在该多个光源31的排列方向上缩小而向检查对象物34引导。即,在导光单元32中包含由多个透镜的组合构成的组合透镜32i。

[0109] 附图标记31是作为光源的LED或LD阵列。附图标记32a是准直透镜阵列。图3D中实线所示的光源31以及准直透镜阵列32a是侧视图,在实线所示的光源31以及准直透镜阵列32a的侧方分别用双点划线假想地示出该光源31以及准直透镜阵列32a的主视图。附图标记34是检查对象物,附图标记35是检查对象物中的异物或缺陷。附图标记37是受光透镜阵列。附图标记38是受光元件阵列(光电二极管阵列)。另外,附图标记30是从光源31射出的光束,附图标记33是从准直透镜阵列32a射出的准直后的光束。准直后的光束33射入到检查对象物34,接着射入到“异物/缺陷”35。射入到“异物/缺陷”35的光束33被“异物/缺陷”35散射,成为散射光36,射入到受光透镜阵列37,接着射入到受光元件阵列38。

[0110] 组合透镜32i配置在多个光源31与检查对象物34之间,更具体而言,配置在准直透镜阵列32a与检查对象物34之间。组合透镜32i通过例如由凸型-凸型的组合构成的一组柱

面透镜构成,但也可以由凸型-凹型的组合构成。由此,通过组合透镜32i而射出的各光束的光轴的间隔比射入到组合透镜32i的各光束的光轴的间隔小。

[0111] 图3E是表示“异物/缺陷”检查装置的第四变形例的示意图。在该例子中,在图3D的结构中追加了组合透镜(放大组合透镜)32k。但是,也可以不是图3D的结构,而是在图3B或图3C的结构中追加组合透镜32k。

[0112] 组合透镜32k配置在检查对象物34与受光元件阵列38之间,更具体而言,配置在检查对象物34与受光透镜阵列37之间。组合透镜32k通过例如由凸型-凸型的组合构成的一组柱面透镜构成,但也可以由凸型-凹型的组合构成。由此,通过组合透镜32k而射出的各光束的光轴的间隔比射入到组合透镜32k的各光束的光轴的间隔大。

[0113] 如该例子那样,如果利用缩小光学系统进行光束调节,在异物通过后进行光束扩展(放大光束间隔),则能够放大受光元件的间隔。因此,由于能够较大地取得受光元件阵列的尺寸,因此能够确保针对异物的分辨率,并且能够放大受光元件阵列的受光区域,其结果是,能够使S/N良好。

[0114] 构成图3B~图3E所示的组合透镜32g、32h、32i、32k的多个透镜分别在多个光源31的排列方向上具有焦度。在此,透镜的焦度是指焦距的倒数,是表示透镜的折射力的尺度。组合透镜32g、32h、32i、32k分别由焦度不同的透镜的组合构成。即,能够通过焦度较大的透镜和焦度较小的透镜的组合来改变压缩率。例如,若焦度比为1:3,则压缩率为1/3,束间隔为1/3。

[0115] 构成组合透镜32g、32h、32i、32k的透镜的数量不限于两个,也可以是三个以上。另外,构成组合透镜的透镜不限于柱面透镜,也可以是光纤面板等其他缩小/放大光学元件。另外,也可以是焦度不同的柱面反射镜和柱面反射镜的组合、或者焦度不同的柱面反射镜和柱面透镜的组合等,也可以是球面透镜、球面反射镜的各种组合。除此之外,也可以使用菲涅耳透镜等各种透镜。

[0116] 接下来,图22示出利用分束器进行分支的方法。图22表示如下方式:在检查对象物34较厚的情况下,且在受光透镜阵列37的景深比检查对象物34的厚度窄的情况下,使景深位置在光轴方向上偏移,利用光束分束器40a、40b使散射光分支,能够在检查对象物34的整个厚度方向上进行检测。在图22中,分别设置有三个受光透镜阵列37a、37b、37c以及受光元件阵列38a、38b、38c和两个分束器40a、40b。检查对象物34在光轴方向上具有多个景深区域A1~A3。受光透镜阵列37a以及受光元件阵列38a对应于景深区域A1,受光透镜阵列37b以及受光元件阵列38b对应于景深区域A2,受光透镜阵列37c以及受光元件阵列38c对应于景深区域A3。透射检查对象物34的光的一部分被分束器40a反射,被受光透镜阵列37a聚光而射入到受光元件阵列38a。另外,通过分束器40a的光的一部分被分束器40b反射,被受光透镜阵列37b聚光而射入到受光元件阵列38b。通过分束器40b的光被受光透镜阵列37c聚光而射入到受光元件阵列38c。使各分束器40a、40b的透射率、反射率相对于各受光元件阵列38a、38b、38c均等。例如,如图22所示,在进行三支的情况下,通过将最初射入的分束器40a的反射率设为大致33%,将接下来射入的分束器40b的反射率设为50%,能够使射入到各受光元件阵列38a、38b、38c的光量大致为1:1:1,S/N也大致相等。作为分束器,优选没有波长依赖性、不利用干涉效果的分束器。

[0117] 在此,关于本发明的方式,现在进行一次整理。图20是表示本发明的多个光源与包

含至少一个受光元件的多个像素进行一对一地对应的示意图。

[0118] 接下来,图21表示现有技术的检查方式的概念图。然而,为了简单起见,未图示受光透镜系统。图21的现有技术的光源对检查对象物整体进行照明。另外,可知受光元件被分为散射光以及直接朝向受光元件的非散射光,非散射光有助于异物检测,但不射入到异物,而是混入到从异物以外的检查对象物的其他路径直接朝向受光元件的非散射光中,发生串扰。

[0119] 与此相对,在图20的情况下,在主扫描方向上分隔排列的多个光源(光源阵列)适当地进行一对一地对应。在图20所示的概念图中可知,光源和受光元件进行一对一地对应,因此散射光难以射入到受光元件,能够抑制串扰。

[0120] 实际的“异物/缺陷”几乎不是完全的球体,但为了简化,代表性的是设为球状粒子。异物为数 $10\mu\text{m}$ 以下波长左右的粒径时,产生Mie散射区域的散射。另外,如果成为数 $100\mu\text{m}$ 左右的雨滴左右的大小,则能够应用几何光学近似。例如,考虑直径为 $10\mu\text{m}$ 的球粒子、光散射透射介质为树脂、异物为二氧化硅的情况。光源的光的波长不限于一波长,也可以具备多个波长的照明光源。现在,若将光源的光的波长设为近红外线区域的 $\lambda=830\text{nm}$,将此时的上述树脂设为聚碳酸酯,将相对折射率设为 $N_m=1.57$,将异物粒子设为二氧化硅,将其相对折射率设为 $N_p=1.45$,则产生前向散射。对于数 $100\mu\text{m}$ 左右的大小的粒径,如果相对于光源波长具有透射性,则由于透镜效应而前方散射地聚焦、扩散,如果完全没有透射性,则成为投射了几何光学的散射截面积、即圆的阴影。阴影由吸收/扩散反射、透射扩散后的光的强弱表示。有时也需要考虑由异物粒子的边缘引起的衍射的影响,但无论是对像素投射包含衍射的散射光还是投射阴影,只要对其对比度的灵敏度灵敏即可。作为一个例子,将上述球粒子的散射的散射光强度示于图6A~图6D。图6A以及图6B是表示 $10\mu\text{m}$ 粒径的前向散射的曲线图,图6C以及图6D是表示 $17\mu\text{m}$ 粒径的前向散射的曲线图,表示透射性介质为聚碳酸酯、粒子为二氧化硅时的Mie散射(对数刻度)。可知前向散射光的强度非常强。0度方向(箭头的方向)为光的行进方向。另外,还可知,同时,与 $10\mu\text{m}$ 相比, $17\mu\text{m}$ 粒径的前方散射能力大数倍左右。进一步地,将表示粒径 $25\mu\text{m}$ 的异物粒子的前向散射的曲线图示于图6E、图6F。其中,射入光的波长为 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 。该情况下的前向散射强度在 $10\mu\text{m}$ 粒径与 $17\mu\text{m}$ 粒径之间。顺便说一下, $25\mu\text{m}$ 粒径接近1200dpi(像素分辨率:约 $21\mu\text{m}$)的分辨率, $10\mu\text{m}$ 粒径接近2400dpi(像素分辨率: $10\mu\text{m}$ 强)的分辨率。另外,表示射入光的波长为 $1.55\mu\text{m}$ 的 $30\mu\text{m}$ 粒径的异物粒子的Mie散射的图如图6G、图6H所示。可知粒径 $30\mu\text{m}$ 的前向散射强度与 $25\mu\text{m}$ 粒径的情况相比约为2倍。

[0121] 以下,关于Mie前向散射区域的散射光,简化记为串扰分量的抑制方法。首先,使用图4A进行说明。图4A是接收来自“异物/缺陷”的散射光的示意图,表示散射光向相邻的像素的串扰。星形的标记41表示异物(缺陷)。来自异物(缺陷)41的散射光通过受光透镜阵列42聚光、成像于受光元件阵列(光电二极管阵列)43。在图4A中,示出了各个独立的多个光束同时射入到异物的情况。

[0122] 图4A的左侧的吊钟型的光强度分布波形If表示射入到受光元件阵列(光电二极管阵列)43的散射光的强度分布。射入到受光元件阵列(光电二极管阵列)43的散射光由于受光透镜的像差以及衍射的影响,比“异物/缺陷”的实际尺寸大,以所谓模糊的状态成像。即,假设在受光元件阵列(光电二极管阵列)43的排列方向上,即使受光元件(光电二极管)的一像素的尺寸与“异物/缺陷”的尺寸为相同的大小,受光元件(光电二极管)43上的“异物/缺

陷”的成像尺寸也由于受光透镜的像差、衍射的影响而比“异物/缺陷”的尺寸大。优选的是,相对于透射检查对象物的检查面的光中的因光散射而产生的散射光、扩散光、或者被吸收/扩散反射、被透射扩散后的具有强弱的光向受光透镜的射入角,受光透镜的孔径角足够小。例如,孔径角优选为 $5\text{mrad} \sim 15\text{mrad}$ 左右,根据期望的W.D.可以为 $1\text{mrad} \sim 20\text{mrad}$ 。如果孔径角变小,则受光量变少,因此需要用光源侧的焦度相对地进行补偿。进一步地,由于依赖于光散射性透射介质的厚度的透射率与受光传感器的增益直接相关,因此通过设为在受光传感器中具备自动增益控制(记为AGC)的电路结构,能够构筑不依赖于各种透射率的S/N良好的、动态范围宽的受光系统。另外,此时,对于任意像素也能够使用反馈系统(信号处理电路系统),该反馈系统使用了相对于任意像素的输出的紧前为止的输出的平均值。另外,如果同时进行按照每行取入信号的位置-输出信息的综合性信息(输出数据)的检查对象物的深度方向上的二维的解析,则也能够进行实时的检查。无论如何,为了使信号的S/N质量良好而进行与受光传感器的最大灵敏度范围相匹配的研究,使信号的S/N进一步提高,其结果是,扩大“缺陷/异物”检查中的适用范围。图4A的右侧的吊钟型的光强度分布波形 I_r 是本发明的对异物进行照明的一根一根光束的强度分布。若对上述左右的光强度分布波形的受光元件阵列(光电二极管阵列)43侧的排列方向上的宽度进行比较,则可知受光元件阵列(光电二极管阵列)43侧的光强度分布波形 I_f 比射入侧的光强度分布波形 I_r 扩展。

[0123] 接下来,对受光元件阵列(光电二极管阵列)43的两个光强度分布波形 I_f 进行说明。在光散射介质 M_s 中,与受光元件阵列(光电二极管阵列)43对置地与受光元件阵列(光电二极管阵列)43平行地配置有两个“异物/缺陷” M_{f1} 、 M_{f2} ,且它们的间隔与受光元件阵列(光电二极管阵列)43的元件间隔相同。另外,受光透镜阵列42是等倍系统,预先加长W.D.。

[0124] 在该情况下,可知“异物/缺陷” M_{f1} 、 M_{f2} 中的一方的“异物/缺陷”成像而形成的光强度分布波形 I_{f1} 在与和自身相对的受光元件(光电二极管)PD1相邻的受光元件(光电二极管)PD2上也扩展,产生串扰。产生串扰的部分是各光强度分布波形的施加了阴影线的部分 $Cr1$ 、 $Cr2$ 。

[0125] 换言之,从彼此相邻的像素观察出的光强度分量 $Cr1$ 、 $Cr2$ 加入到自身的净信号分量中。这是因为混入到彼此的受光元件(光电二极管)的净信号分量中的串扰分量成为噪声,因此动态范围变窄,成为使信号的SNR(Signal to Noise Ratio:与S/N同义)劣化的主要原因之一。

[0126] 接下来,对图4B进行说明。图4B是表示准直后的光束射入到受光透镜阵列42,在射出后扩展,在受光元件PD1、PD2上成为背景噪声的示意图。现有的CIS等所使用的照明具有在受光元件阵列(光电二极管阵列)43的长度方向上连续的光强度分布。由于光散射介质 M_s 中的“异物/缺陷”而散射的光为图4A的44,在此基础上,准直后的光束45射入到受光透镜阵列42。由于受光透镜阵列42被设定为等倍系统,因此来自其景深附近以外的光几乎不聚焦。即,由于发散而有助于成像,因此在受光元件阵列(光电二极管阵列)43上扩展。即,当准直后的光束射入到受光透镜阵列42时,在受光元件阵列(光电二极管阵列)43上大幅扩展而成为背景噪声分量46,成为S/N的劣化主要原因。背景噪声分量46用由方形虚线包围的部分表示。若背景噪声增加,则会导致对比度的劣化。即,在“异物/缺陷”检测中,埋在背景噪声分量中,检测变得困难。

[0127] 实际检测出的信号混合存在上述的串扰分量和背景噪声分量,结果成为图5A所示

的信号。图5B示出了几乎没有串扰分量和背景分量的情况。另外,在几何光学散射的情况下,由于遮蔽效果,“异物/缺陷”的强度分布成为与后述的图8类似的分布。

[0128] 除了使本发明的图3A~图3E所示的受光元件(光电二极管)和光源按照一像素单位进行一对一地对应来进行照明的方式以外,还对进一步减少串扰分量的方法进行叙述。如图3A~图3E所示,在同时以线状进行照明的方法中,来自与相邻的光电二极管相邻的光源的分量混入。避免该情况的方法不是同时点亮,而是仅使进行了一对一地对应的一对光源和一像素单位的受光元件(光电二极管)动作,接下来移动到相邻的进行了一对一地对应的一对光源和一像素单位的受光元件(光电二极管)的组合,将其依次重复直到终端。即,仅通过对应的一像素单位的受光元件检测来自自主扫描方向的任意位置的光源的光束。这样的控制能够通过包含CPU的控制部(未图示)个别地切换各光源以及各受光元件的打开/关闭来进行,此时控制部作为检测单元而发挥功能。更具体而言,与照明光学系统中的光束的扫描同步地,仅对多个受光元件中的各扫描位置处的光束的中心部附近的受光元件输出信号。由此,假设光束直径较大,从一个光源射出并由准直透镜准直后的光束被“异物/缺陷”散射,该散射光射入到按照一像素单位进行一对一地对应的受光元件(光电二极管)时,即使射入到邻接的像素或相邻的像素,邻接或相邻的像素也不输出,因此仅得到针对与进行一对一地对应的光源和按照一像素单位的至少一个受光元件(光电二极管)对应的“异物/缺陷”的净信号。此时,由于上述串扰分量不从其他像素输出,因此仅接收射入到受光透镜阵列的准直后的光束分量,串扰非常少。

[0129] 将其表示在图7中。图7是表示多束照明-多扫描受光方式的示意图。71是射入光束的光强度分布,72是散射光。73是将通过受光透镜阵列74的光聚光于受光元件阵列(光电二极管阵列)75时的光束。检查对象物76中的“异物/缺陷”Mr1以及Mr2的散射光的投影像是Imf1、Imf2。此时的成像尺寸如上述那样比“异物/缺陷”的实物的大小大,向受光元件阵列(光电二极管阵列)75的排列方向的成像尺寸因像差、衍射而变大,且模糊。然而,由于光束射入的部位被限定,进行一对一地对应的像素以外的像素的输出被限制,因此没有来自与射入光束对应的像素77以外的像素的输出。

[0130] 另外,也可以同时向处于不会使串扰成为问题的位置的其他像素77照射一对一地对应的射入光束。在该情况下,如图7所示,能够在相同的时机同时进行多个照明,因此产生扫描时间变短的优点。将本方式称为“多光束照明-多扫描受光方式”,区别于上述的“一光束照明-一扫描受光方式”。

[0131] 由至少一个受光元件构成的一像素单位的空间分辨率为检查对象物的检查面上的光束的空间分辨率以上。在此,光束的空间分辨率与检查对象物的检查面上的光束的光束直径对应。即,在由至少一个受光元件构成的一像素单位中,具有能够辨别在光束的光束直径以下接近的2点的能力。换言之,光束的空间分辨率为由沿主扫描方向排列的至少一个受光元件构成的像素单位的空间分辨率以下。

[0132] 光束的扫描间隔也可以是由在主扫描方向上排列的至少一个受光元件构成的像素单位的空间分辨率以下。换言之,由至少一个受光元件构成的像素单位的空间分辨率为光束的扫描间隔以上。即,在由至少一个受光元件构成的一像素单位中,具有能够辨别以光束的扫描间隔(光源的间隔)接近的2点的能力。

[0133] 接下来,对检查对象物中的“异物/缺陷”为几何光学散射区域或不透射性的情况

进行记述。将上述“异物/缺陷”的散射示于图8。图8的Cr(施加了阴影的部分)是使相邻的像素77的照明光束动作的元件(中心)的串扰分量。透射分量是比相邻吊钟形的强度分布的波峰低的强度分布。由于中心的像素的输出低,相邻的像素的输出高,因此能够检测出存在“异物/缺陷”Mr。

[0134] 如上所述,检查对象物中的“异物/缺陷”是Mie散射区域,还是几何光学散射区域,或者是透射性的,还是不透射性的,进一步地,根据表面性、介电常数等而信号的形式变化,但根据检测出的信号的高低,能够检测“异物/缺陷”,并且,如果预先将由异物引起的信号的强弱和信号波形作为查找表而作为参考数据,则通过与该参考数据进行对照,能够辨别“异物/缺陷”的种类。

[0135] 至此,检查对象物限定于光散射透射介质进行了说明,但本发明也能够应用于反射介质。图9A示出了示例。需要说明的是,在图9A以及后述的图9B中,为了简化说明而省略了导光单元32的一部分。图9A是表示反射型的实施方式的示意图,相对于测定系统的长度方向表示其截面。91为电子基板、纸张类、薄膜等检查对象物。从LED、LD等光源92射出的光被折射率分布型透镜、球透镜等准直透镜94准直而照射到检查对象物91上。受光光学系统将以折射率分布透镜为代表的透镜设为阵列状,且以使射入光束与反射光成为包角的方式配置。在受光透镜阵列95的受光元件侧的焦点位置配置受光元件阵列(光电二极管阵列)96。

[0136] 在检查中,预先获取作为参考的检查对象物91的信息,接下来实施产品的检查。预先将成为参考的检查对象物91的信息存储于存储器。在实施了在工序中流动的产品的检查时,与预先存储的参考信息进行对照(校验的实施)。另外,用星号98表示在检查对象物91上附着、混入或存在“异物/缺陷”的情况。如果在检查对象物91上存在“异物/缺陷”,则获取与参考数据不同的数据,求出与获取数据的差分,判断为在检查对象物91上存在“异物/缺陷”而从工序中去除。另外,在图9A的90mf中,用虚线表示元件97缺失的情况。如果虚线的元件缺失,则与上述同样地获取与参考数据不同的数据,因此根据其差分,判断为元件缺失,从工序中去除。进一步地,即使在电子基板上或内部的微细的配线断线的情况下,也同样地检测为“异物/缺陷”。

[0137] 进一步地,即使在电子基板上存在突起物,且“异物/缺陷”被该突起物的阴影遮挡的情况下,也能够通过从两侧以对称角度照射射入光束且将受光光学系统对称地配置为包角来进行检测。另外,在图9A中示出了使射入光束倾斜射入到基板的情况,但也可以如图9B那样垂直射入,相对于基板倾斜地接收光。在反射型中,配置为考虑了N.A.的受光角以避免接收正反射光。总之,只要根据检查对象物改变测定系统的配置即可。

[0138] 在检查对象物为印刷物、功能性薄膜等的情况下,本发明的方法也是有效的。即,在透射型薄膜中,伤痕的有无等的检查、纸张类等的不透明印刷物使用反射型,伤痕自不必说,对印刷不良等的检查是有效的。而且,在本发明中,即使在搬运系统存在上下移动的场合,由于景深较深,因此也能够使用,适用范围扩大。

[0139] 另外,在光散射透射型介质中,特别是在透射率低的介质中,有时优选缩小上述光束。在该情况下,考虑受光元件的受光立体角来决定光束的光圈角。进一步地,在光散射透射介质的透射率高的情况下、反射介质的反射率高的情况下,在某种程度上扩展光束的情况下,还具有减少受光元件的受光立体角所接收的光成为背景噪声的效果。因此,根据检查

对象物的透射率、反射率,通过进行使光束准直的方法、缩小光束、放大光束等研究,信号的S/N进一步提高。另外,“缩小或扩展光束”是指进一步缩小或扩展准直后的平行光束。虽然省略了上述具体的说明,但简单地说,在光散射透射性介质的情况下,若设想受光立体角在深度方向上几乎不变化的情况,则能够抑制准直后的平行光束直接射入到受光元件,在反射介质为检查对象物的情况下,在检查对象物的检查面上光束扩展的情况下,能够降低受光立体角处的直接照明光束的射入强度,提高基于受光元件接收到的光的信号的S/N。需要说明的是,检查对象物的检查面是指检查对象物中的光束射入的面,不限于一个,也可以是光束射入到多个检查面的结构。

[0140] 目前,以LED打印机为代表,LED的高密度化不断发展,已经实现了1200dpi。如果使用该LED阵列,则能够实现高分辨率。即,只要对从LED阵列射出的射出光进行准直,并将该准直后的光束替换为图3A的光源来使用即可。在LED打印机的情况下,折射率分布透镜阵列是折射率分布型透镜的等倍成像系统,但在本发明中使用的折射率分布型透镜使用在无限远具有焦点的透镜。若将来LD能够高密度地排列,则更优选使用高输出的LD阵列。或者,也可以是将以VCSEL(垂直面发光半导体激光器)为代表的半导体激光器排列在平面上的线状光源、排列成区域状。线状光源进行多行排列,进一步地还能够通过基于多个波长的检查来实现检查精度的提高。

[0141] 利用图3A~图3E再次对上述方式进行说明。31是作为光源的LED或LD阵列。32a是准直透镜阵列。34是检查对象物,35是检查对象物中的“异物/缺陷”。37为受光透镜阵列。38是受光元件阵列(光电二极管阵列)。另外,30是从光源31射出的光束,33是从准直透镜32射出的光束。该光束33射入到检查对象物34,接下来射入到“异物/缺陷”35。射入到“异物/缺陷”35的光束33被“异物/缺陷”35散射,成为散射光36,射入到受光透镜阵列37,接下来射入到受光元件阵列38。

[0142] 接下来,使用表示准直后的光束射入到受光透镜阵列42,射出后扩散,在受光元件PD1、PD2上成为背景噪声的示意图、即图4B,对图4B所示的背景噪声的更优异的去方法进行叙述。

[0143] 在图4B的受光光学系统中,背景噪声无法完全去除,仅能够在一定程度上进行抑制,为了进一步去除,仅成为所需的净信号分量,需要另外下工夫。以下对其研究进行记载。复眼透镜的最大缺点是,由于是复眼透镜,因此来自相邻的复眼透镜的串扰分量相当大,背景噪声分量在受光元件阵列(光电二极管阵列)43的元件面上扩展。由于为了产生光束的扩展而进行衰减,因此串扰分量变小。然而,还留有改善的余地,通过进一步减小背景噪声,能够进一步提高S/N。图10表示本方式的示意图。图10是赋予了与受光系统的复眼透镜一个一个地对应的光圈(阵列)的方式。

[0144] 图10的101是从光轴方向观察与受光系统的复眼透镜一对一地对应的光圈的图。102假想地表示光圈的截面。同时,各光圈101与各光源、准直透镜(根据情况,也包含形成光束腰的聚光透镜)、受光透镜、受光元件的光轴上的受光透镜的N.A.大致一致或比其小。或者,也可以一次性地在受光透镜的成像面配置光圈,使其扩展后的光一对一地对应地进行受光。在该情况下,预先校正一对一地对应,仅输出来自进行一对一地对应的一像素单位的信号即可。

[0145] 图11是表示准直后的相邻的光束重叠的情况的示意图。如图11所示,准直后的光

束也可以比受光系统的复眼透镜的有效直径大。通过增大尺寸,能够不错过检查对象物中的异物/缺陷地进行检测。103是准直后的光束重合的部分,104是不重叠的部分。“异物/缺陷”105照射在相邻的准直后的光束重叠的该光束上,“异物/缺陷”106照射在不重叠的光束上。其结果是,能够检测出位于所有位置的“异物/缺陷”。

[0146] 使用上述的图3A~图3E详细说明本发明的实施方式的一个例子。光源31容易阵列化、矩阵化,优选焦度大的VCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser:垂直腔面发射激光器)。或者,也可以是在LED打印机中使用的LED阵列。将上述VCSEL细密排列为线状,决定光源31的间距。例如与600dpi、1200dpi匹配。然而,在作为图像而进行处理的情况以外使用时,不限于此。接下来将VCSEL阵列与折射率分布型透镜阵列平行地配置。折射率分布型透镜阵列作为准直器使用,因此使用1/4间距附近的间距。或者,也可以是3/4及间距附近。即,以能够作为准直后的光束射出的方式决定间距即可。另外,除了折射率分布型透镜以外,也可以是使球面透镜微小的微透镜阵列。在该情况下,与光源31的光轴一致地排列微透镜。在成为准直后的光束的情况下,光束腰在VCSEL的射出面上存在光束腰,以该光束腰与准直透镜32d的焦点一致的方式进行准直。

[0147] 在本发明中,使用适合于光散射透射介质的波长的激光,特别是在食品相关中,考虑到水分的吸收,使用 $\lambda=800\text{nm}\sim 900\text{nm}$ 附近的波长。食品也有在上述波段中透射率低的介质(以可可为代表的点心类),在该情况下,有时也使用 $\lambda=1500\text{nm}$ 附近的光通信中使用的波长。含有大量 H_2O 、 CO_2 、 O_2 等物质的材料也存在透射率高的波长区域,因此根据需要选择波长来对检查对象物进行照明即可。另外,在选择波长时,使用在所选择的波长中具有灵敏度域的受光元件。在食品以外的卷纸、卷膜、纸张类、树脂膜、金属膜等中,也可以使用可见区域的波长。

[0148] 在本实施例中,使用近红外区域的 $\lambda=830\text{nm}$ 。在该波长下,光散射透射性介质的厚度为10mm,若在光散射透射率介质的中央部设置光束腰,则优选在 $\pm 5\text{mm}$ 的距离抑制为5%左右的光束直径的变化。例如,当设VCSEL的射出口的尺寸为 $10\mu\text{m}$ 直径时,根据式1,设SELFOC透镜阵列的焦距为 f ,当设 $f=2\text{mm}$ 时,准直后的光束直径 d 为 $d=210\mu\text{m}$ 。

[0149] $W_0 = \{4 \cdot f \cdot \lambda / (\pi \cdot d)\} / 2 \cdots$ (式1)

[0150] 其中,

[0151] f :透镜的焦距,

[0152] λ :激光束的波长,

[0153] d :光束直径。

[0154] 另外,也可以是使焦点聚焦于光散射透射介质的中央部的方法。即,以在光散射透射介质中成为大致平行光束的方式调整光束腰长即可。在该情况下,使用Kogelnik的式2求出光束腰位置的光束直径。然而,在光散射透射介质中,由于在空气中(真空中)的折射率不同,因此还需要考虑光束腰位置移动来决定光束腰位置,详细情况在后面叙述。在决定光束的允许半径的范围时使用表示激光束的传播的Kogelnik的式2。

[0155] $W^2(z) = W_0^2 [1 + \{\lambda \cdot z / (\pi \cdot W_0^2)\}^2] \cdots$ (式2)

[0156] 其中,

[0157] $W(z)$:任意光轴方向的位置处的光束半径,

[0158] W_0 :光束腰半径。

[0159] 光束腰半径 W_0 通过式1求出,因此例如能够通过式2决定5%的误差的光束直径的范围。式2的结果为 $217\mu\text{m}$,可以设为允许范围。

[0160] 空气中(真空中)的光束腰位置由式1决定,但在光散射透射介质中,折射率比空气中(真空中)大,因此实际的光束腰位置远离光源侧。并且,与收敛角度变浅相应地,光束腰直径也发生变化。光束腰的移动距离 Δf 能够用式3表示。即,能够由激光束射入到射入端面时的聚光透镜的焦距和准直光束的光束直径来决定。由于是不需要考虑衍射极限附近的光束的距离,因此 θ' 近似地应用几何光学,通过Snell' Law求出。

[0161] $\Delta f = \tan\theta' / di \cdots$ (式3)

[0162] 其中,

[0163] θ :射入角的最大值,

[0164] θ' :折射角的最大值,

[0165] di :射入到光散射透射介质的射入端面的光束半径。

[0166] 在光散射透射介质中无法应用Kogelnik的式子,因此需要重新求出光束腰直径。由于不需要使用光束腰附近的收敛角,因此使用通过几何光学近似的Snell' Law求出的折射角。光束的发散角 Φ 能够由表示衍射极限的式4表示。

[0167] $\Phi = 2\lambda / (\pi \cdot dms) \cdots$ (式4)

[0168] 其中,

[0169] λ' :光散射透射性介质中的波长,

[0170] dms :光散射透射性介质中的光束腰直径,

[0171] $\lambda' : N \cdot \lambda$ (λ :空气中(真空中)的折射率)。

[0172] 根据以上,光散射透射性介质中的光束腰直径 dms 是焦距与 $W.D.$ 大致相等的长焦点,在作为小的 $N.A.$ (Numerical Aperture,数值孔径)的 $f=50\text{mm}$ 的聚光透镜,将该聚光透镜配置在准直透镜的后侧且光散射透射性介质的光源侧的情况下,若将向聚光透镜的射入光束直径设为 $210\mu\text{m}$,则没有光散射透射性介质的情况下的光束腰直径 $2W_0$ 为 $252\mu\text{m}$ 。而且,可知使用上述焦距的透镜时的光散射透射介质中的焦点移动距离为 21mm 。因此,在中央部配置光束腰位置的情况下,只要使照明光学系统从光散射透射介质下降 16mm 即可。另外,此时,根据式4,光束直径 dms 为 $377\mu\text{m}$ 。根据以上,根据检查对象物的厚度和折射率来决定光学系统的位置即可。另外,也可以这样使光学系统成为能够在光轴方向上移动的构造。

[0173] 图12A表示本发明的实施例的边缘法的实验的示意图,图14A~图14D表示实测结果。图12B表示现有技术的边缘法的实验的示意图,图15A~图15D表示现有技术的实测结果。需要说明的是,在图12A以及后述的图12B中,为了简化说明而省略了导光单元32的一部分。在图12A以及图12B中,34a是扩散板。图14A表示两片扩散板的情况,图14B表示三片扩散板的情况,图14C表示四片扩散板的情况,图14D表示五片扩散板的情况(标准值)。图15A表示两片扩散板的情况,图15B表示三片扩散板的情况,图15C表示四片扩散板的情况,图15D表示五片扩散板的情况(标准值)。本实测结果为了代替“异物/缺陷”而验证本发明的性能,使用边缘作为测定对象,观察了该边缘信号的上升特性。另外,光散射透射介质设为扩散板可乐丽(Kuraray) コモグラス432L (厚度: $t=2\text{mm}$,全光线透射率:61%,雾度:95%),为了确认/验证厚度不均,将片数设为两片、三片、四片、五片,将最大厚度设为 10mm 。图14A(1)、图14B(1)、图14C(1)、图14D(1)表示各张数的扩散板的结果,作为比较例,图15A(1)、图15B

(1)、图15C(1)、图15D(1)表示现有方式的边缘信号的上升特性。光源使用对LD(松下LNCT28PS01WW)进行准直后的光束。图13表示检查对象物中的半导体激光器的光束轮廓。为了视为阵列,使一个LD按照每个像素间距移动,逐次得到与一对一对应的像素的信号。

[0174] 图14A(1)、图14B(1)、图14C(1)、图14D(1)是在本发明的实施例的一个例子中表示上述的边缘响应(相对强度)的曲线图。像素尺寸在主扫描方向上约为 $62\mu\text{m}$ 。另外,图14A(2)、图14B(2)、图14C(2)、图14D(2)取来自相邻像素的输出的差分(相对强度)。由图14A(2)、图14B(2)、图14C(2)、图14D(2)可知,相邻像素间的差明确地存在,其相对强度之差为峰值的10%,因此可知能够进行每一像素(相当于400dpi)的辨别。进一步地,如果减小元件的尺寸、减小像素尺寸、间距、缩小像素尺寸、间距,则能够实现600dpi、1200dpi,进一步地能够实现其以上的分辨率。受光元件的尺寸(像素尺寸)优选设定为满足200dpi以上。

[0175] 图15A~图15D示出了根据现有技术的边缘响应(相对强度)作为比较例。在本发明和现有技术中存在明确的差异,可知在现有技术中,无论在哪个扩散板中都没有像素分辨率,表示差分的曲线图已经被埋在背景噪声(随机噪声)中,不能进行异物检测。与此相对,可知本发明无论在哪个扩散板的厚度下都能够进行异物检测。

[0176] 接下来,示出通过仿真模型求出在光轴方向的厚度($t=30\text{mm}$)的光散射透射性介质中存在“异物/缺陷”时的受光传感器的响应的结果。模型的示意图如图16所示。需要说明的是,在图16中,为了简化说明而省略了导光单元32的一部分。选择PMMA作为检查对象物,作为光散射粒子设为 $2\mu\text{m}$ 粒径的有机硅圆球粒子。浓度在0.04wt%~0.20wt%之间变化。光源进行准直,设为比受光元件(主扫描方向尺寸: $62\mu\text{m}$)大的截面尺寸即 $150\mu\text{m}$ 。图17A~图17F是示出模拟结果的曲线图,图17A~图17F是表示模拟结果的曲线图。异物为 $100\mu\text{m}$ 直径的球,为具有透射率0%的界面的吸收体。另外,异物粒子位于检查对象物的中央。图17A表示散射粒子浓度为0.00wt%的情况,图17B表示散射粒子浓度为0.04wt%的情况,图17C表示散射粒子浓度为0.08wt%的情况,图17D表示散射粒子浓度为0.12wt%的情况,图17E表示散射粒子浓度为0.16wt%的情况,图17F表示各浓度下的输出比较。

[0177] 另外,在图18A~图18F、图19A~图19F中示出处于从检查对象物的中心偏离 $\pm 14.5\text{mm}$ 的位置的异物粒子的模拟结果的曲线图。即,异物粒子位于距检查对象物的端部0.5mm的深度。图18A~图18F表示异物粒子位于检查对象物的光源侧端部的情况,图19A~图19F表示异物粒子位于检查对象物的受光元件侧端部的情况。根据该模拟结果可知,两者都是与处于光散射透射性介质的中心部的异物粒子的情况非常相似的响应,很好地表示了本发明的效果,对具有厚度的光散射透射性介质中的“异物/缺陷”检测的适合性非常优异。

[0178] 如上所述可知,本发明相对于现有技术,对于光扩散透射性介质中的“异物/缺陷”,其检测精度优异。另外,本发明的方式也能够应用于反射介质的“异物/缺陷”的检测。进一步地,还能够基于来自光散射透射性介质的受光信号生成图像,进行根据检测信号的高低而被去除的不合格品的进一步的解析。在该情况下,设想不是在线而是主要实施离线检查,但通过提高信号处理速度,也能够自动地进行在线的解析。这样,能够进行在现有技术中无法应用的检查,检查的质量进一步提高,进一步地能够实现作为检查对象物的产品的品质的提高。

[0179] <作用效果>

[0180] 如上所述,通过使用直径足够小的准直后的平行光束,或者在光散射透射性的检

查对象物中调整光束腰以成为大致平行光束来使用,进一步地,根据检查对象物,调整光束收敛角度、扩展角度,从而能够抑制由光散射(扩散)引起的光的扩展的重叠,除此之外,通过在各照射位置与光源一一对应地对应的一像素单位的受光元件,以仅接收所述光束的光轴附近的信号的方式选择来自像素的输出信号,从而能够抑制像素间的串扰,并且,能够分离地检测由散射光(扩散光)、直接射入光等引起的背景的噪声的原因的光和由“异物/缺陷”引起的光量变化,因此能够使检查对象物中的“异物/缺陷”对象清晰化,能够进行准确的检查。另外,通过导光单元,能够进行高分辨率的检测。进一步地,在具备将缩小了一次的的光束间隔扩大的受光系统的情况下,能够维持针对检查对象物中的”异物/缺陷”的分辨率,并且能够统一受光元件的间隔,因此还能够实现成本降低效果、通过增大受光元件的尺寸来提高S/N。

[0181] 附图标记说明

[0182] 10:线状照明光源;

[0183] 11:透镜阵列;

[0184] 12:受光部;

[0185] 31:光源;

[0186] 32:导光元件;

[0187] 32a:准直透镜阵列;

[0188] 32b:光纤阵列;

[0189] 32c:透镜阵列;

[0190] 32d:准直透镜;

[0191] 32e:光纤;

[0192] 32f:透镜;

[0193] 32g、32h、32i、32k:组合透镜;

[0194] 33:光束;

[0195] 34:检查对象物;

[0196] 36:散射光;

[0197] 37:受光透镜阵列;

[0198] 38:受光元件阵列;

[0199] 39:焦点位置;

[0200] 42:受光透镜阵列;

[0201] 45:光束;

[0202] 74:受光透镜阵列;

[0203] 76:检查对象物;

[0204] 77:像素;

[0205] 91:检查对象物;

[0206] 92:光源;

[0207] 94:准直透镜;

[0208] 95:受光透镜阵列。

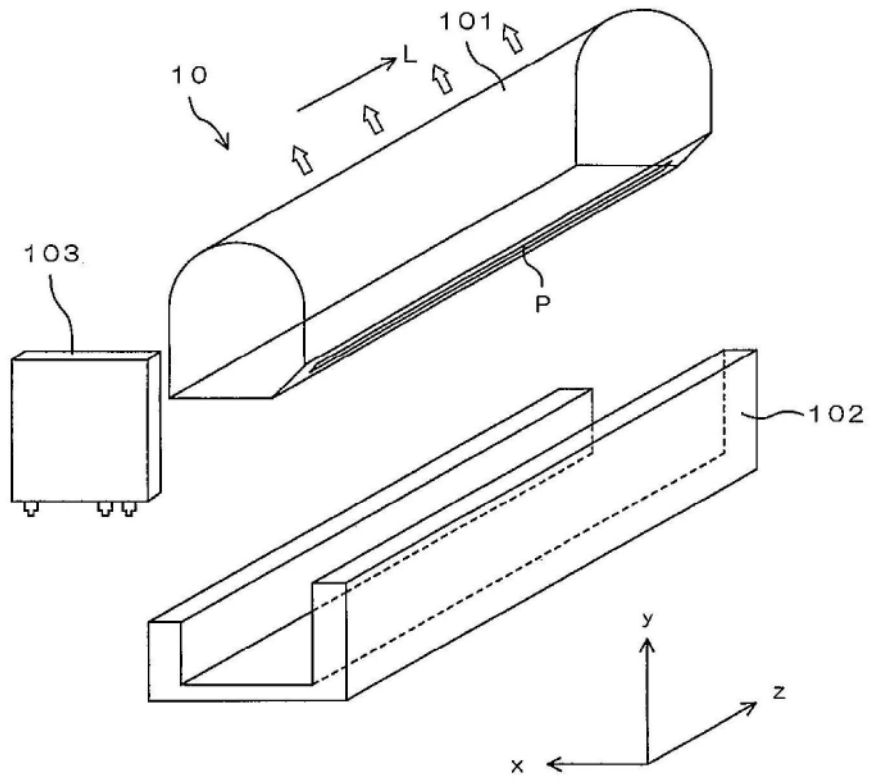


图2

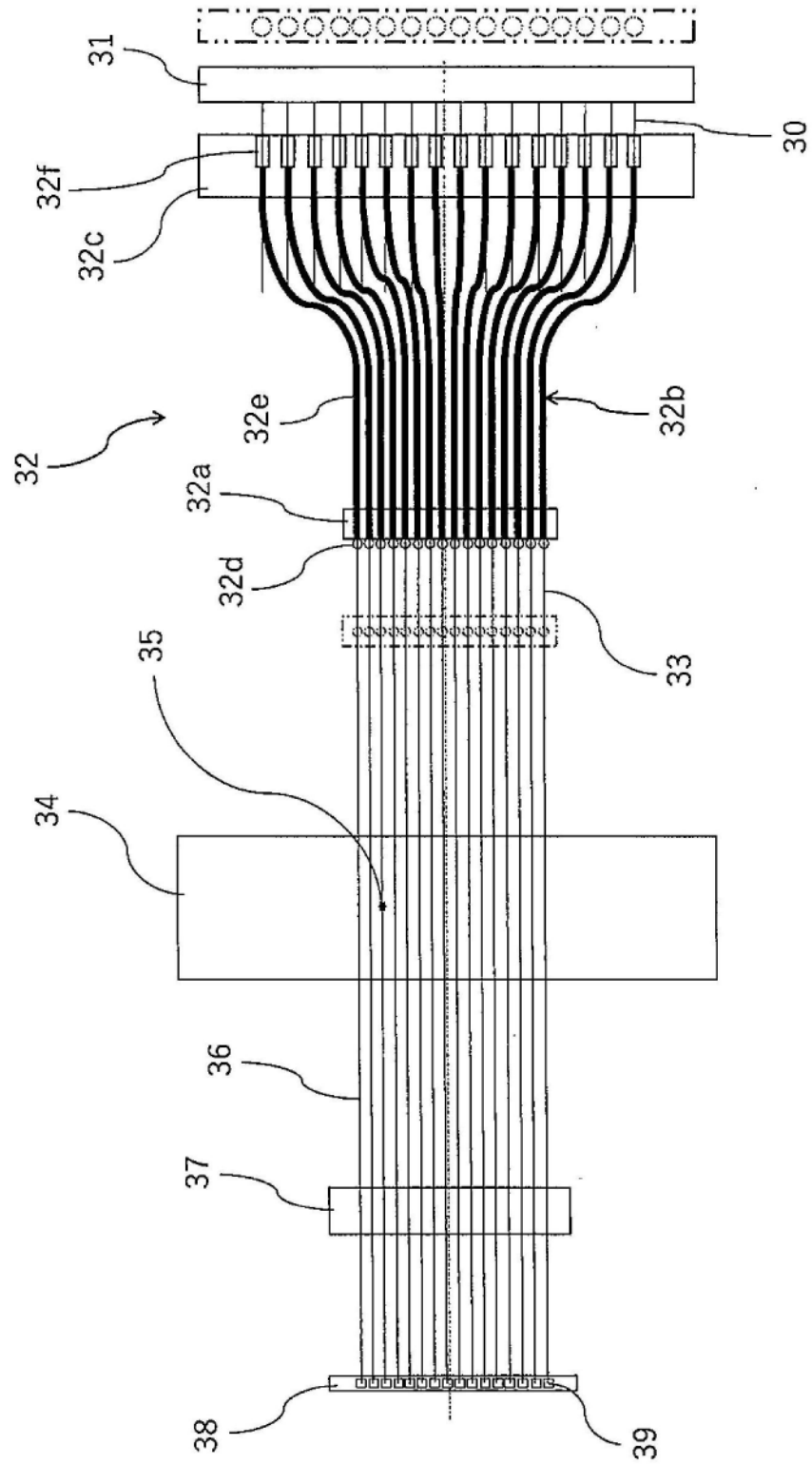


图3A

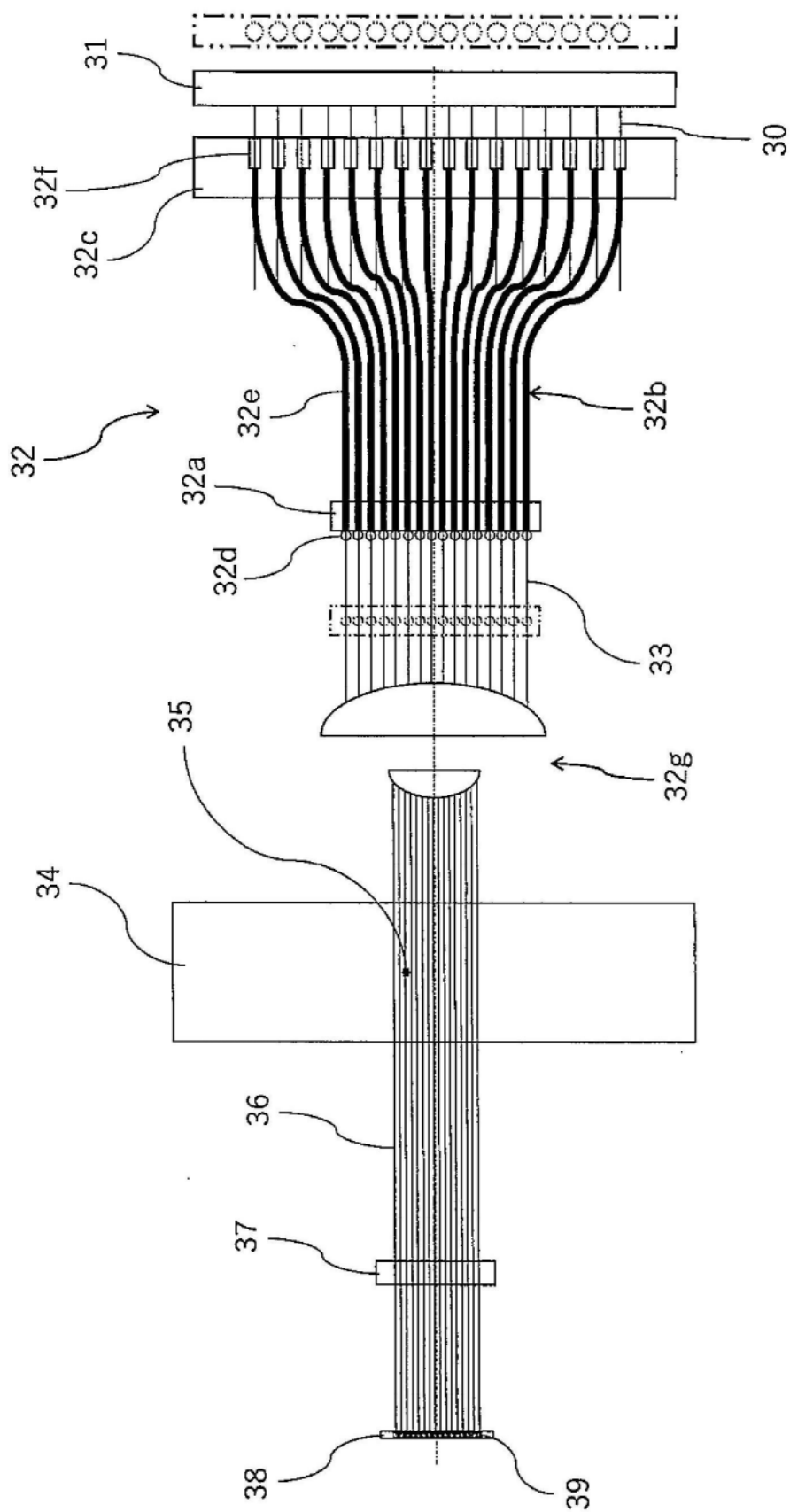


图3B

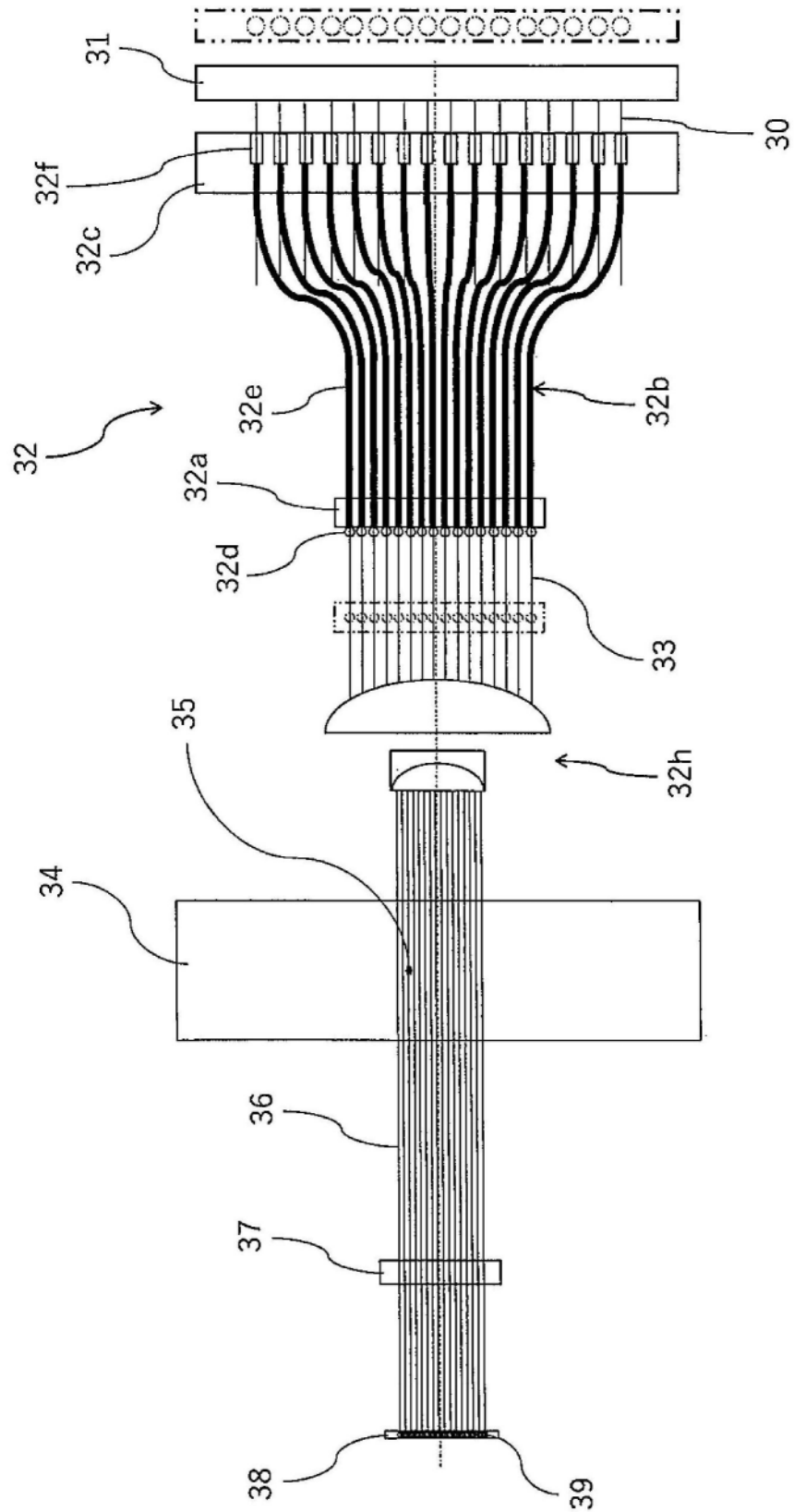


图3C

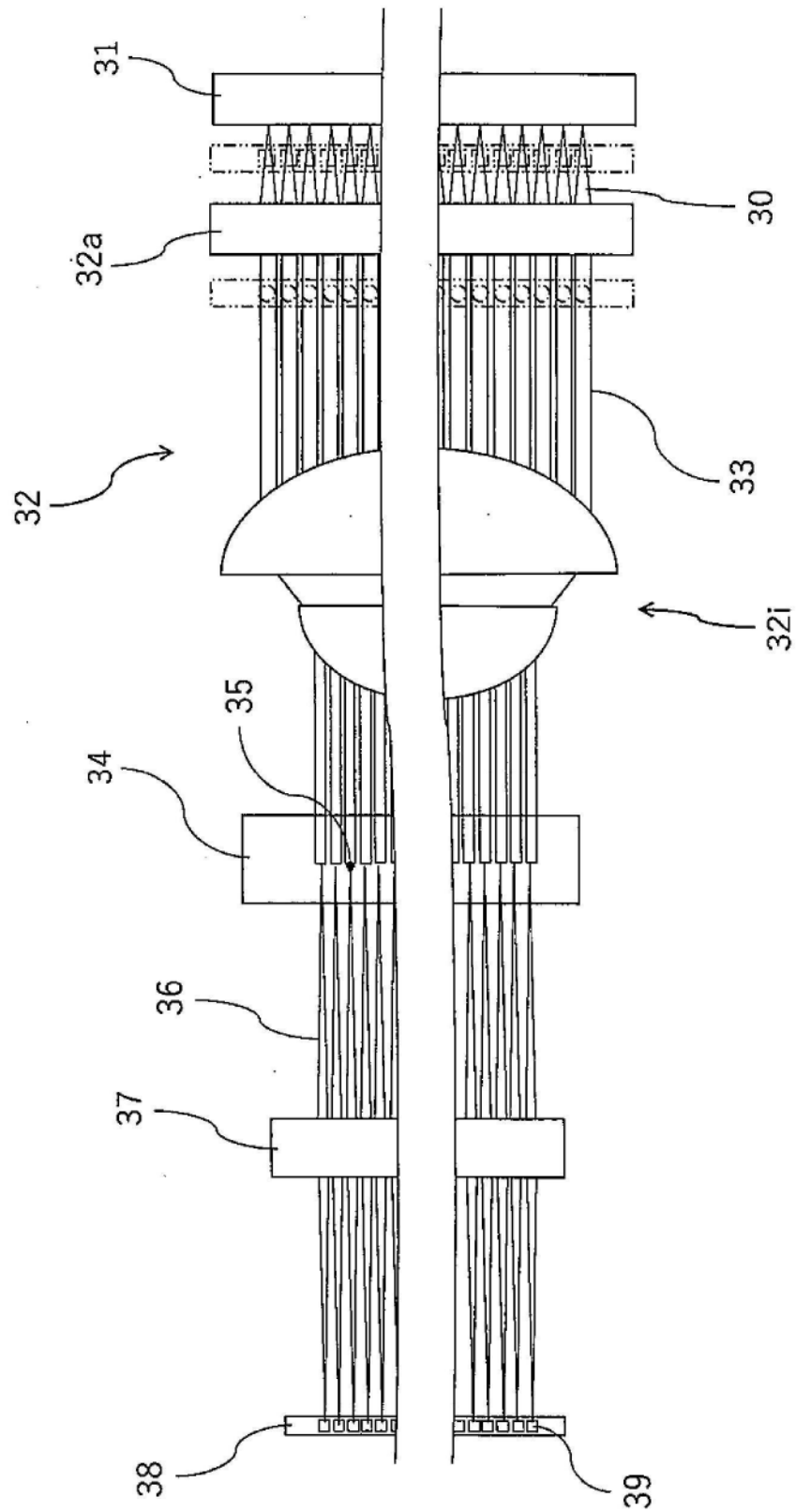


图3D

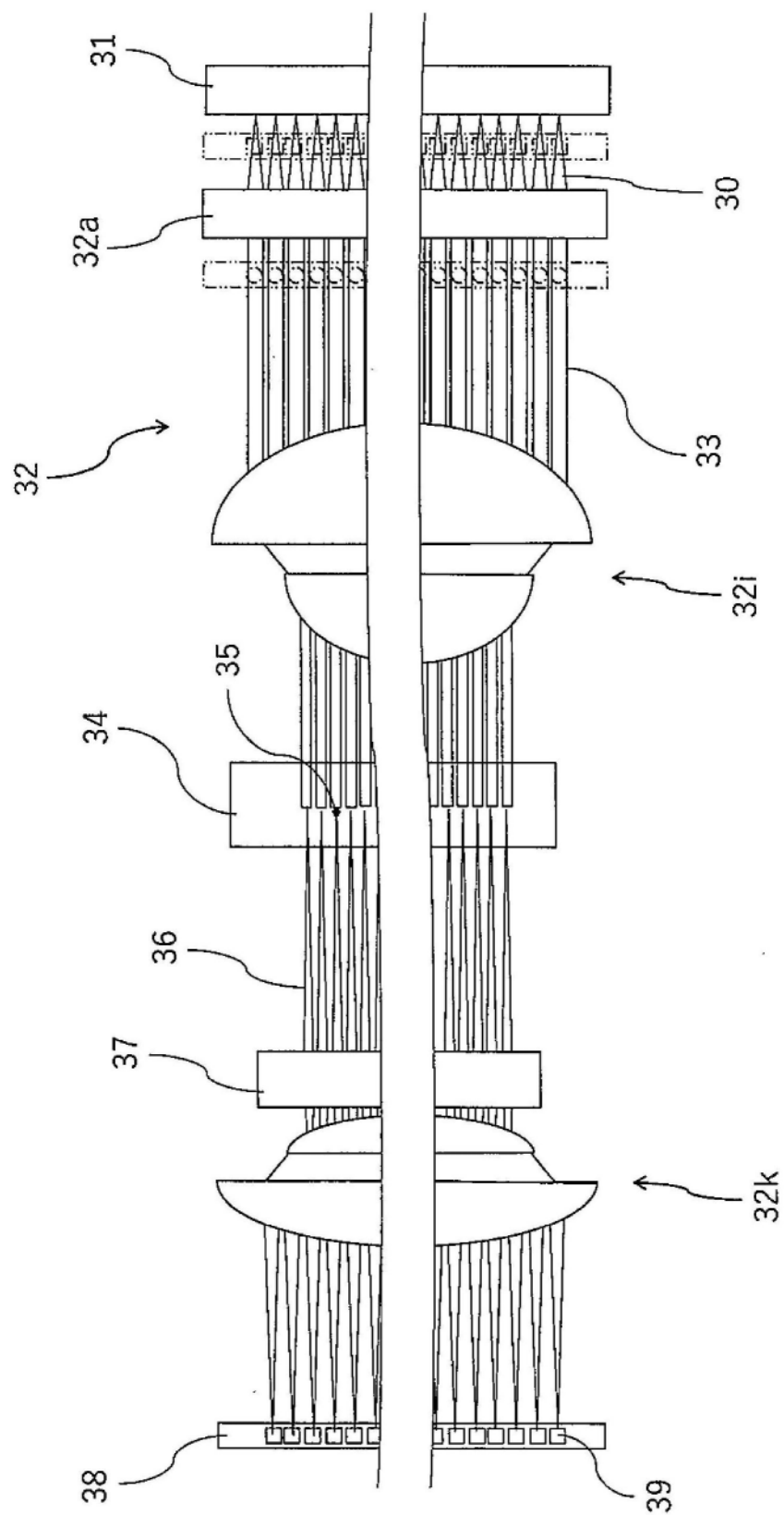


图3E

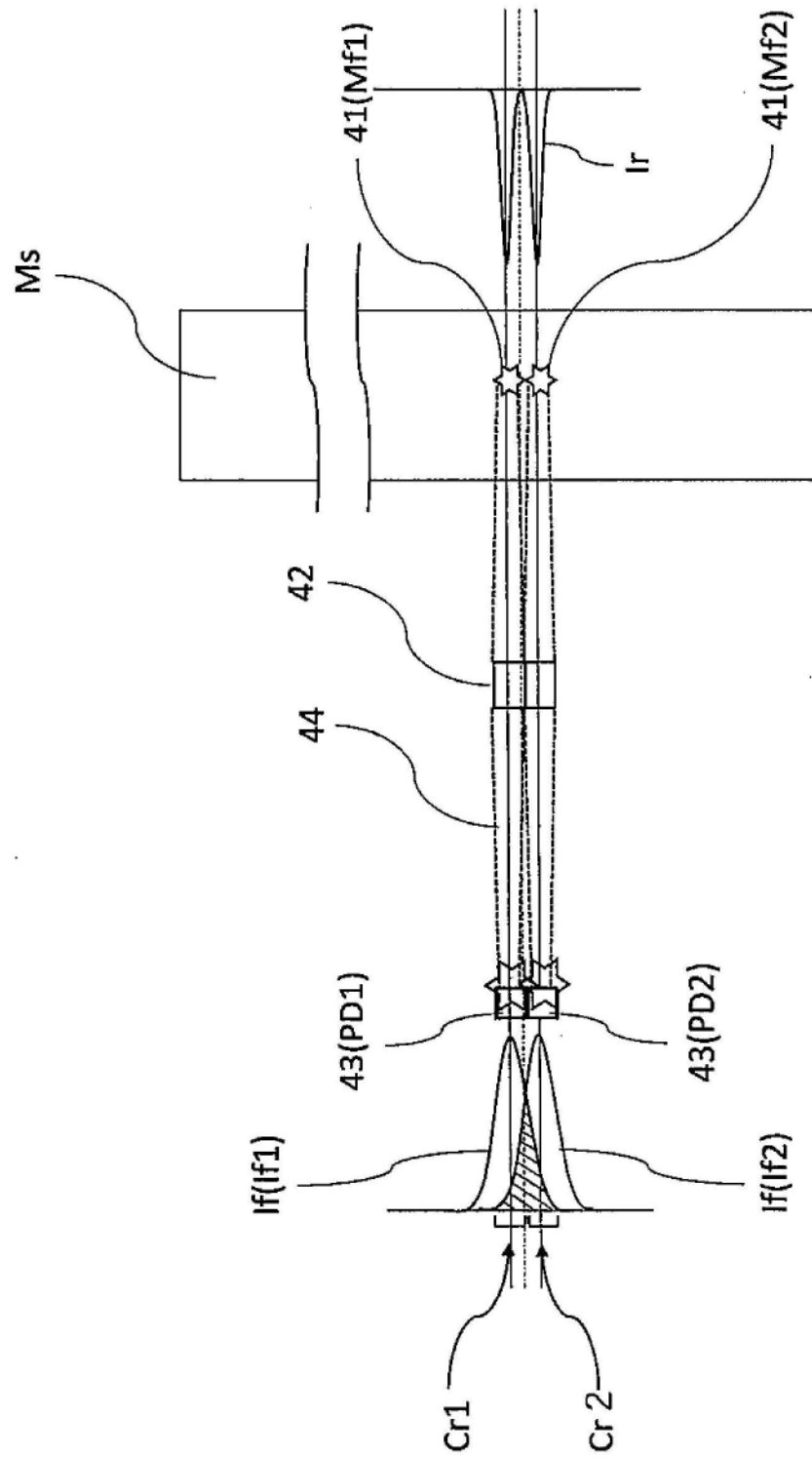


图4A

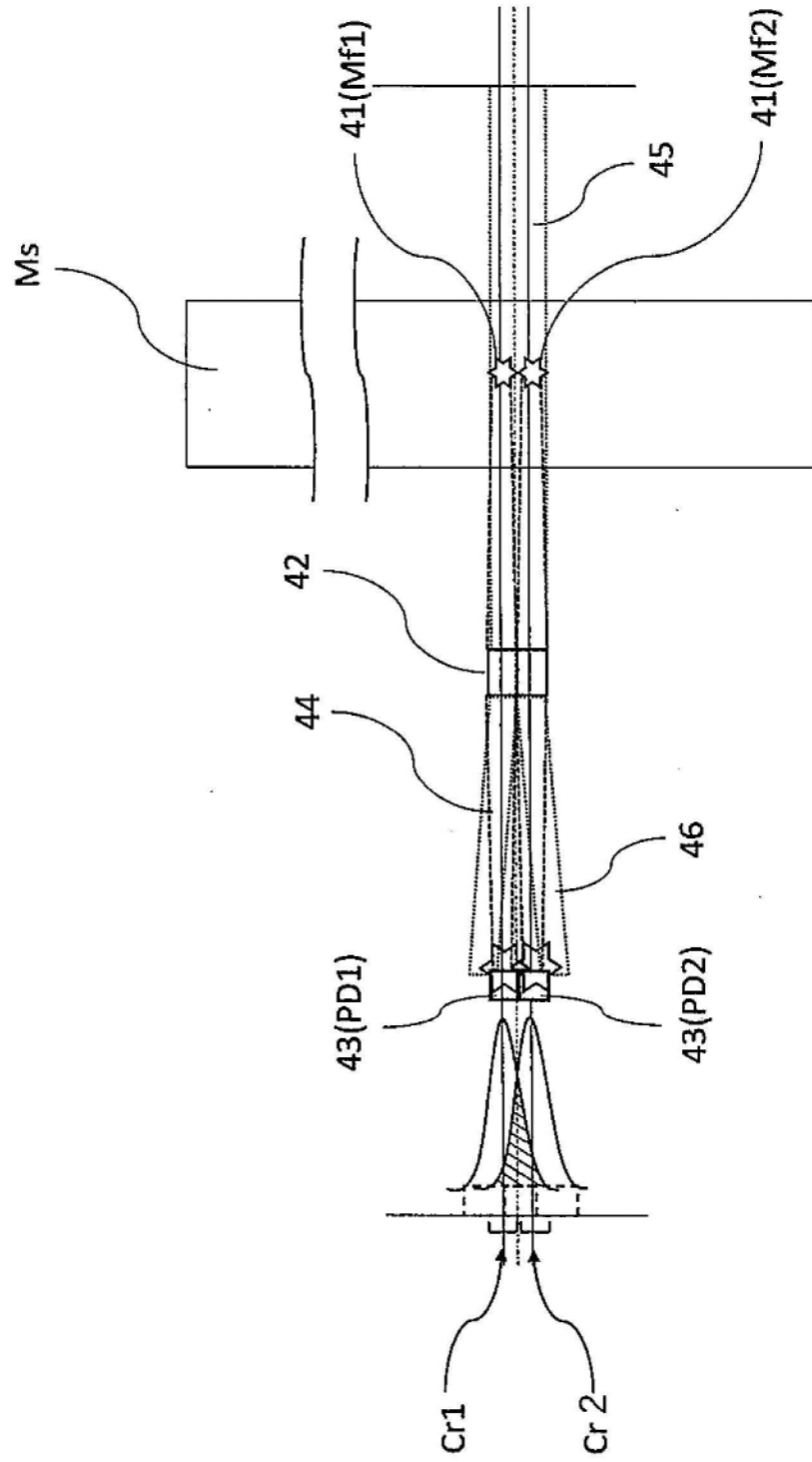


图4B

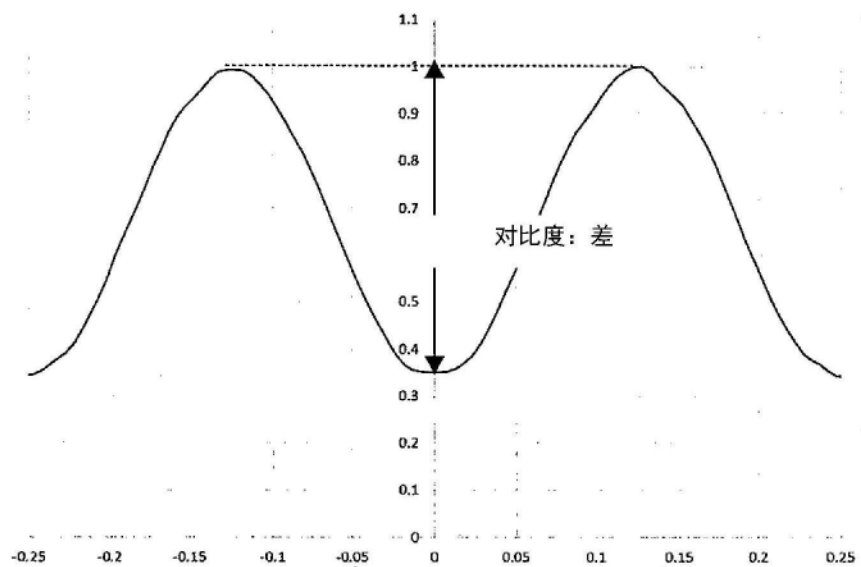


图5A

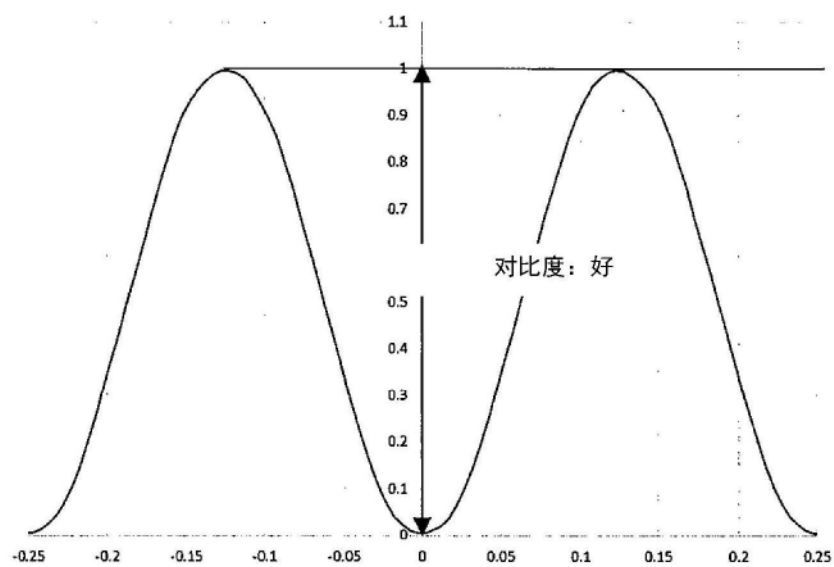


图5B

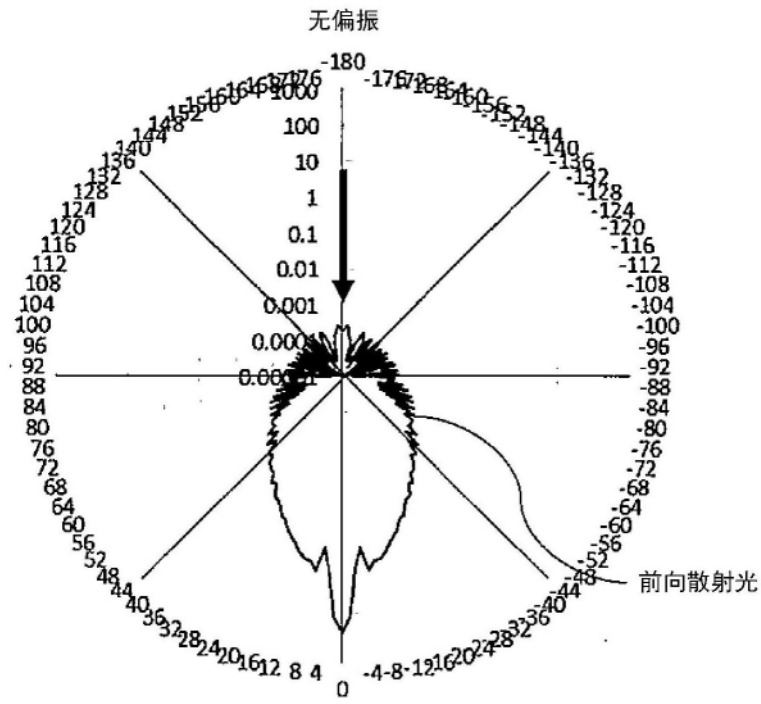


图6A

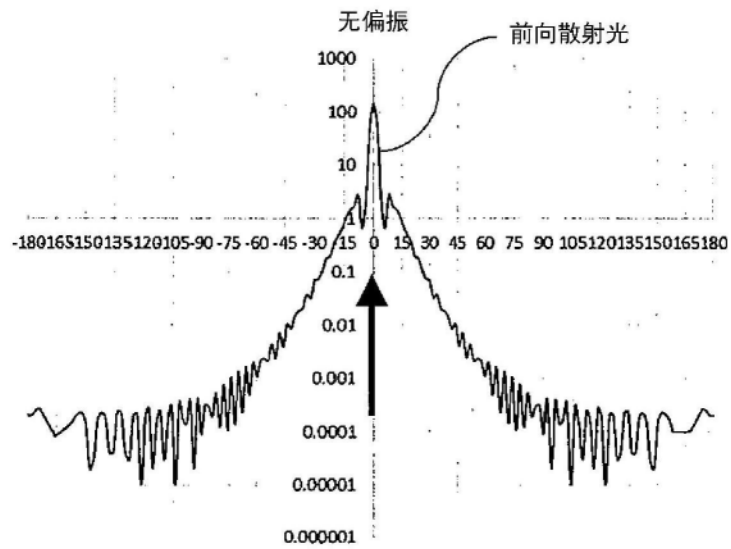


图6B

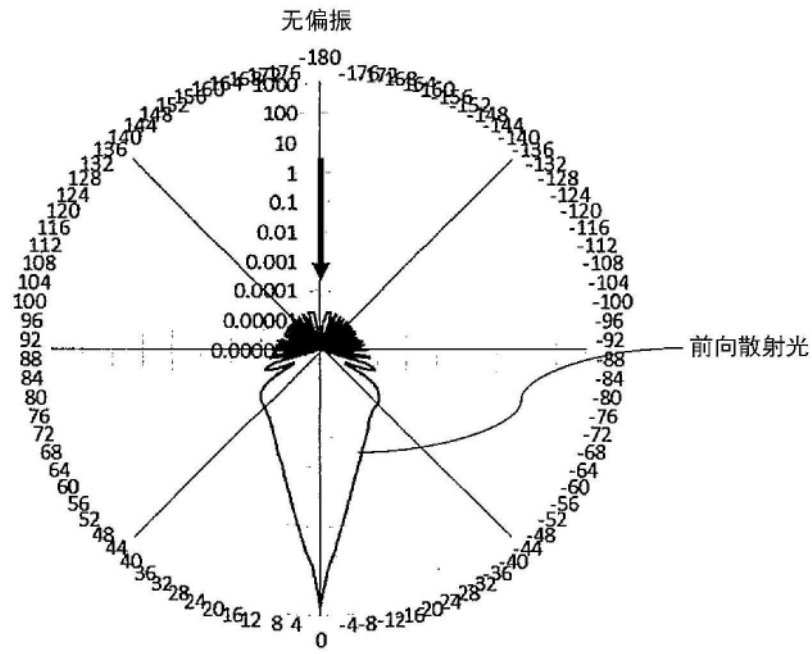


图6C

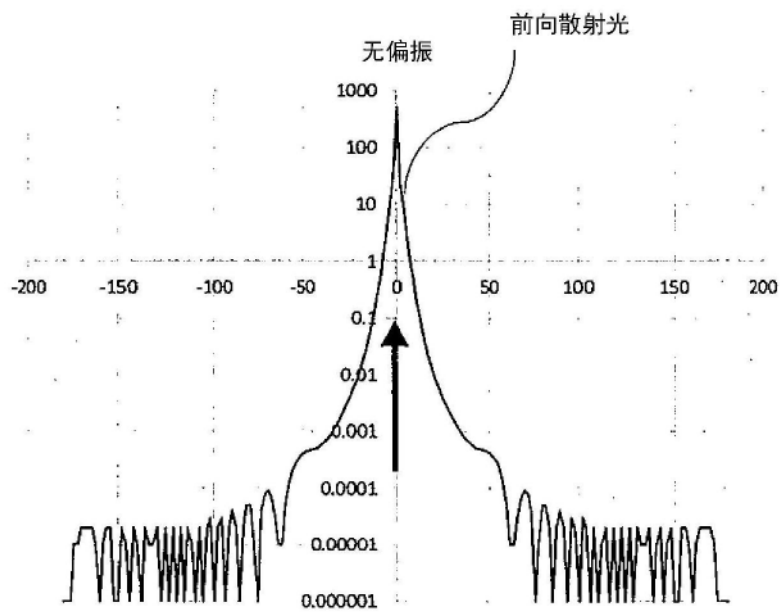


图6D

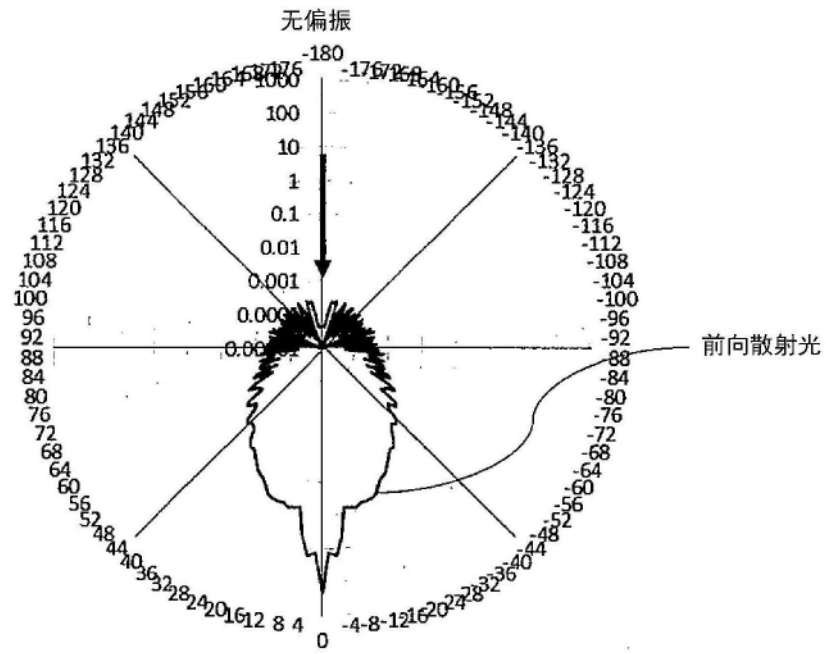


图6E

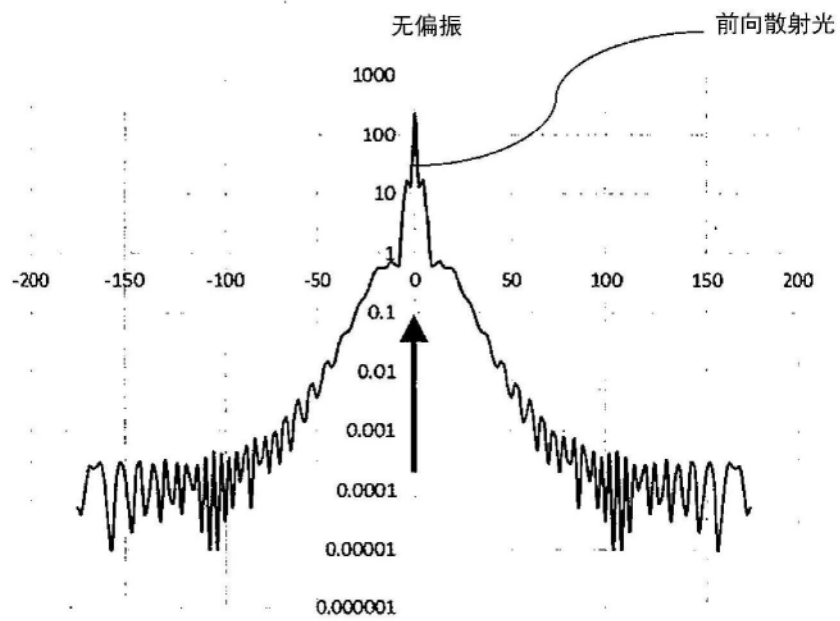


图6F

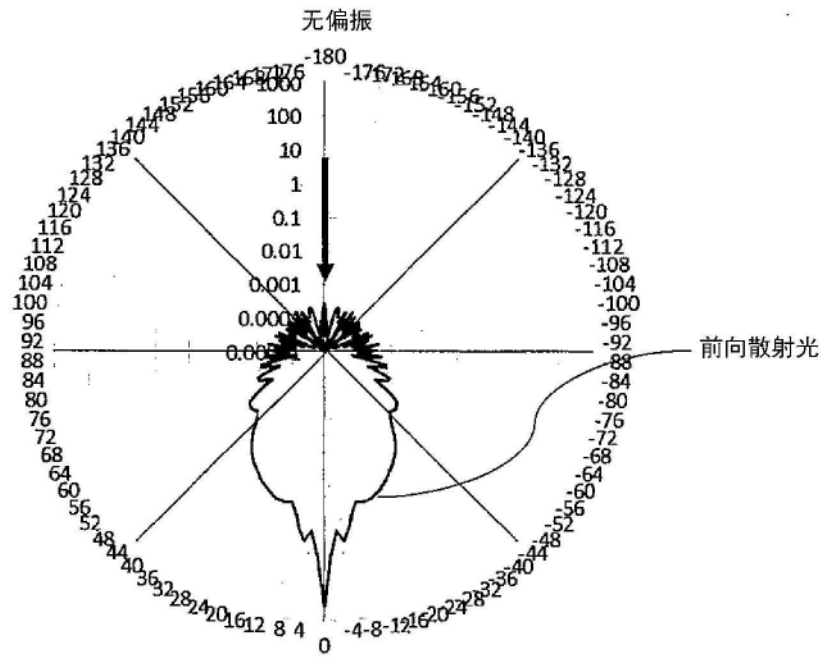


图6G

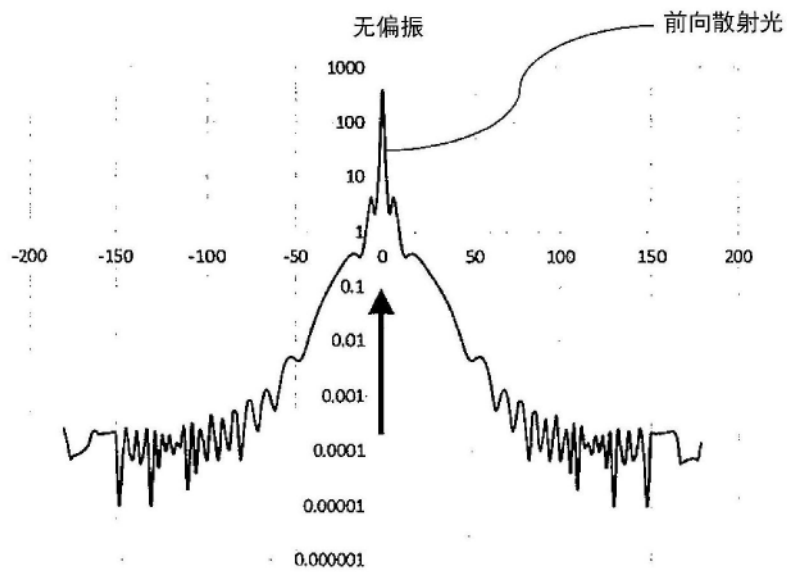


图6H

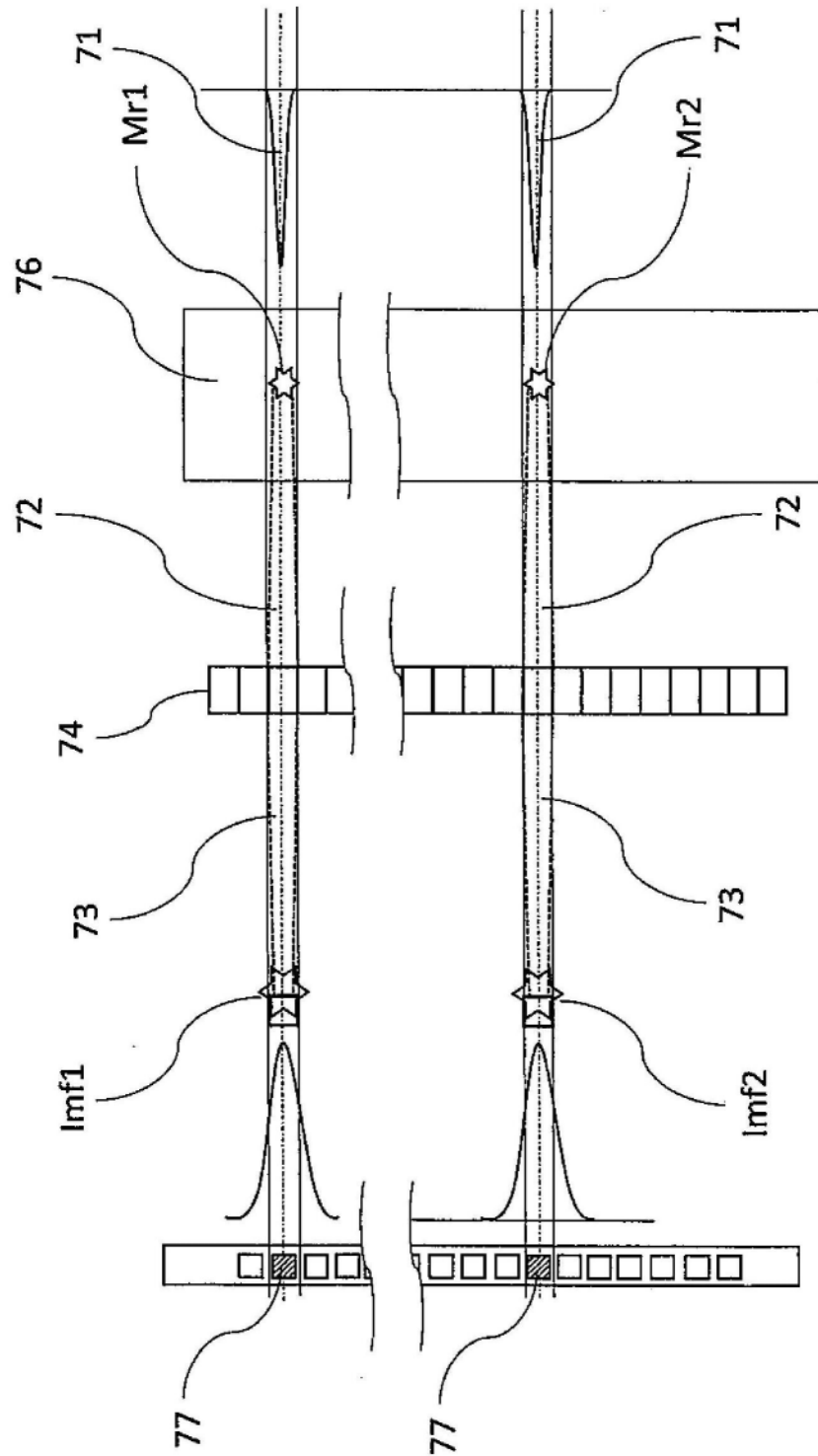


图7

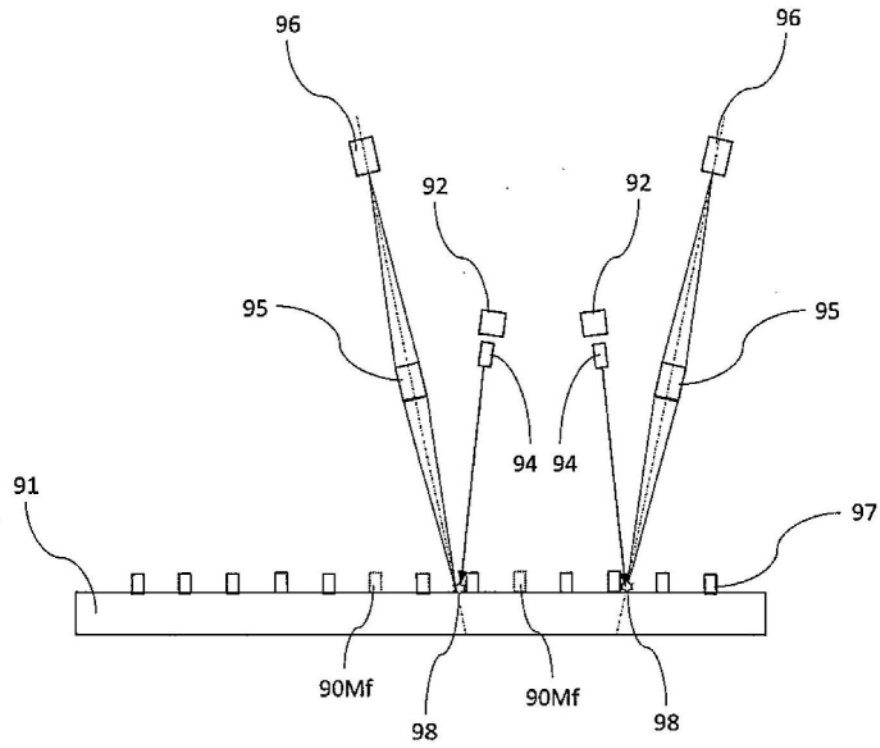


图9A

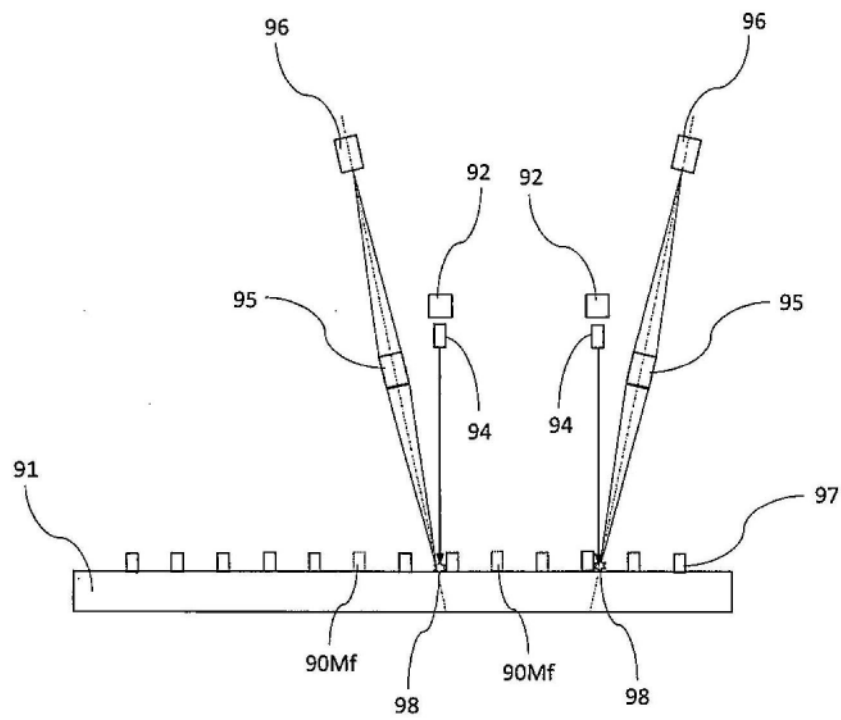


图9B

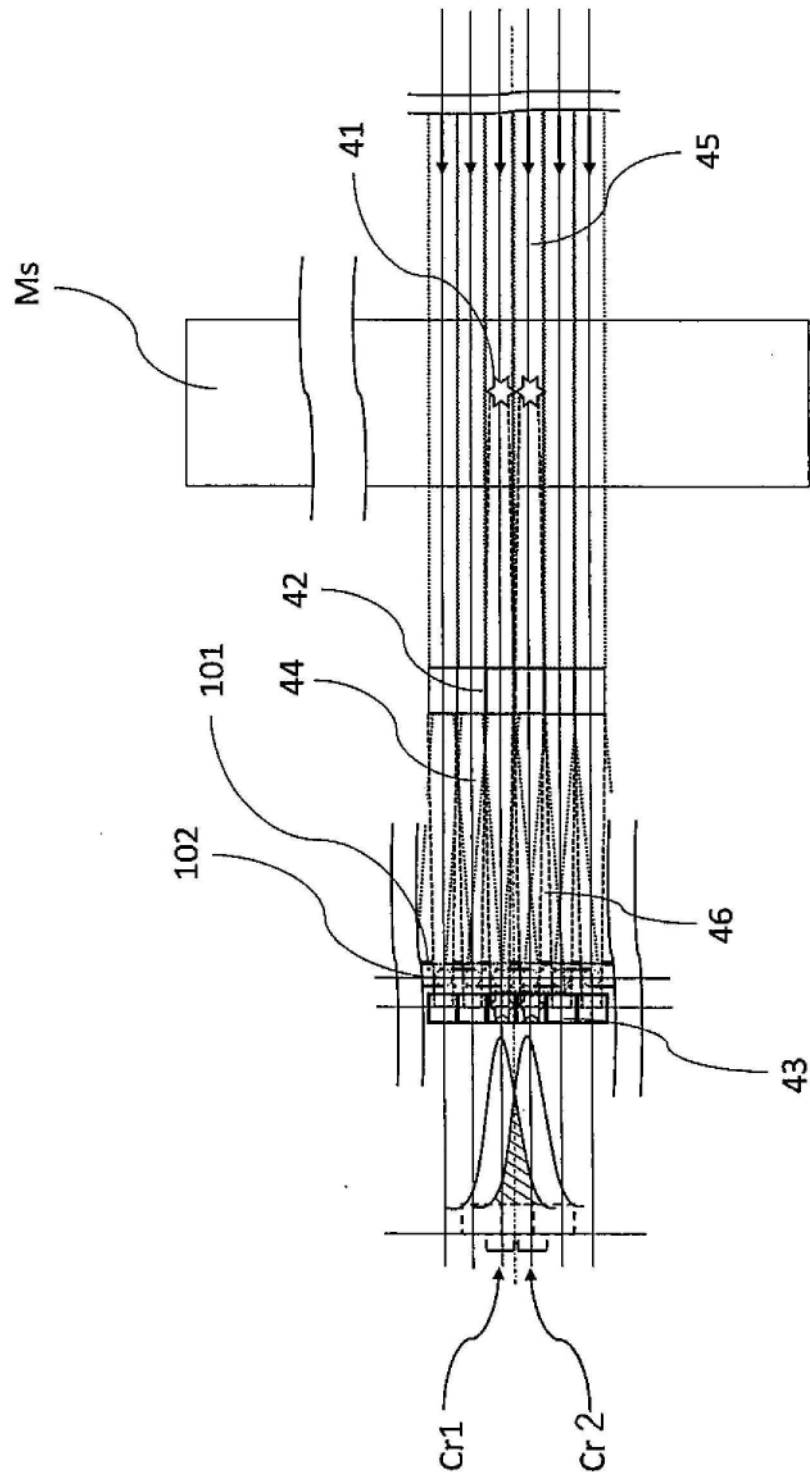


图10

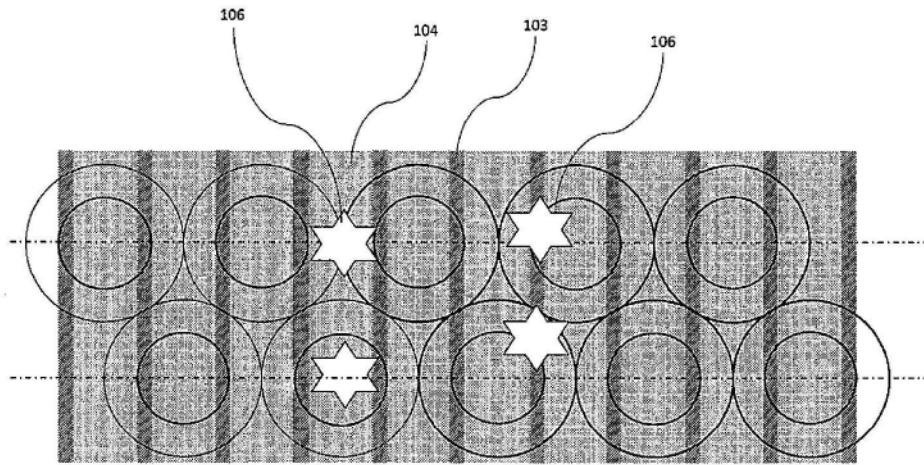


图11

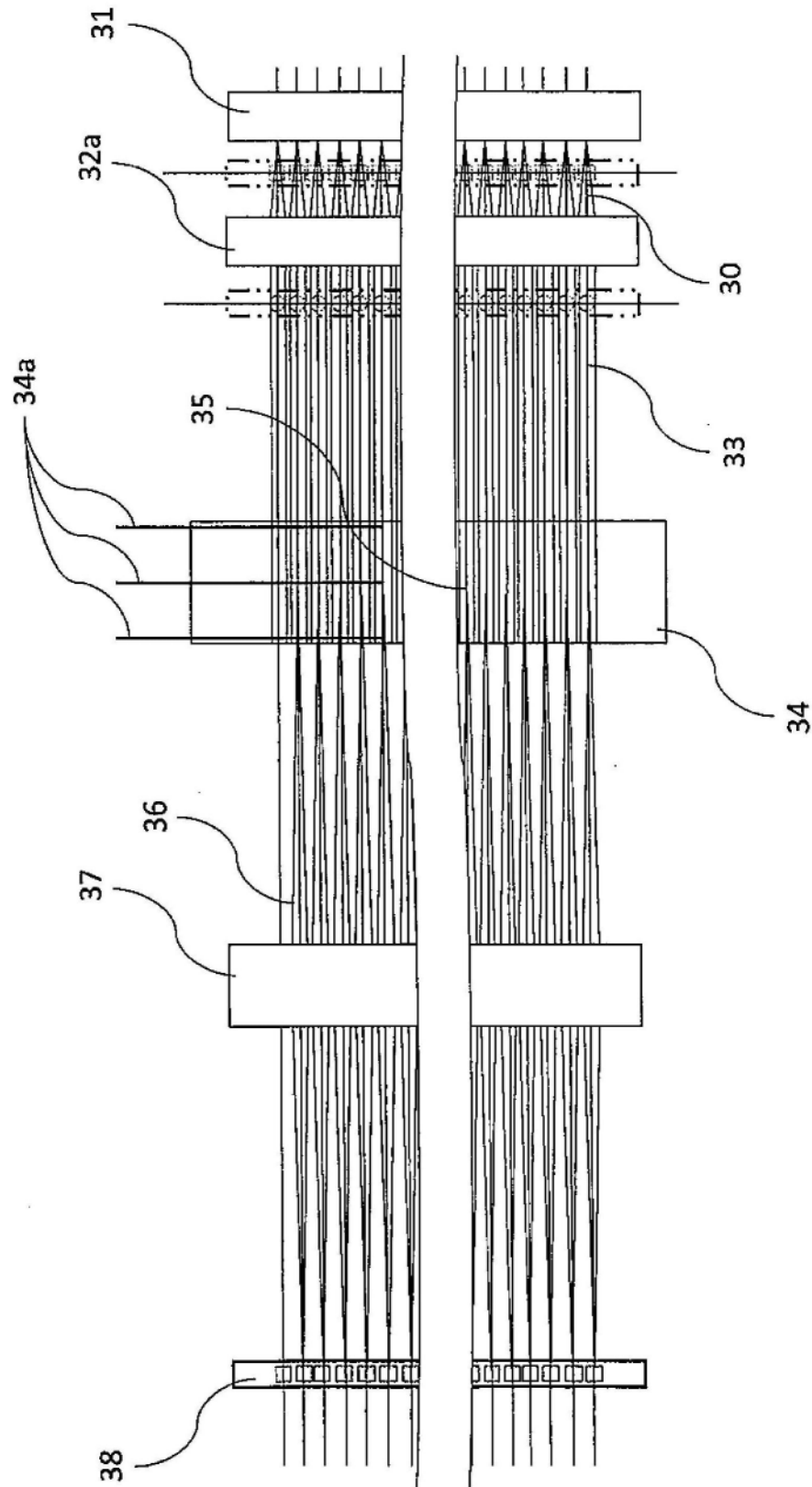


图12A

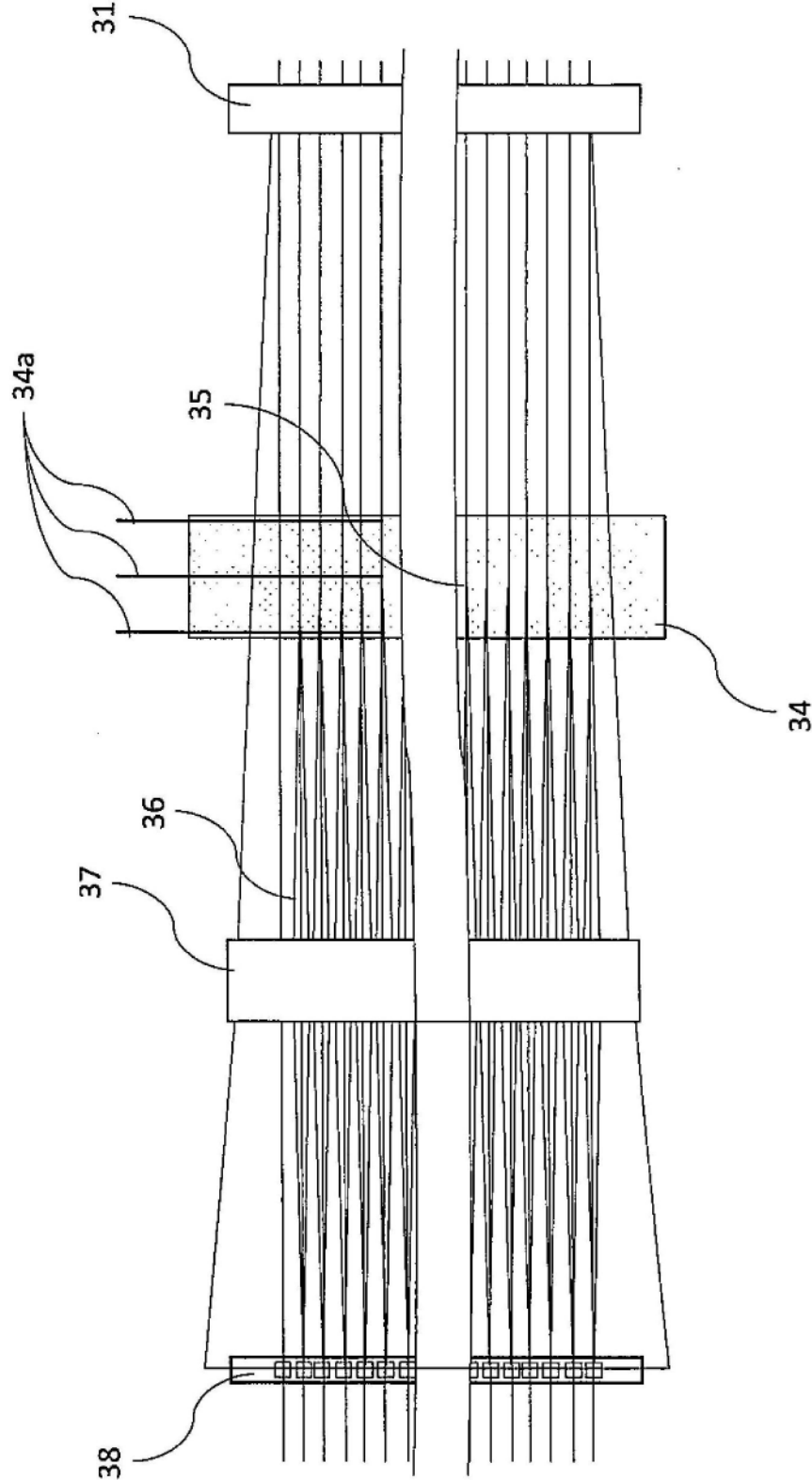


图12B

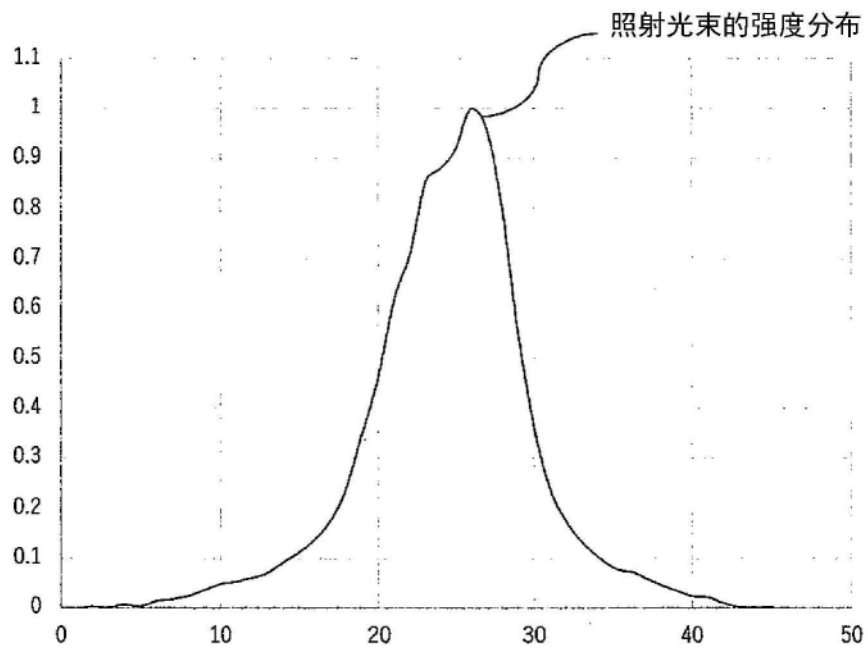


图13

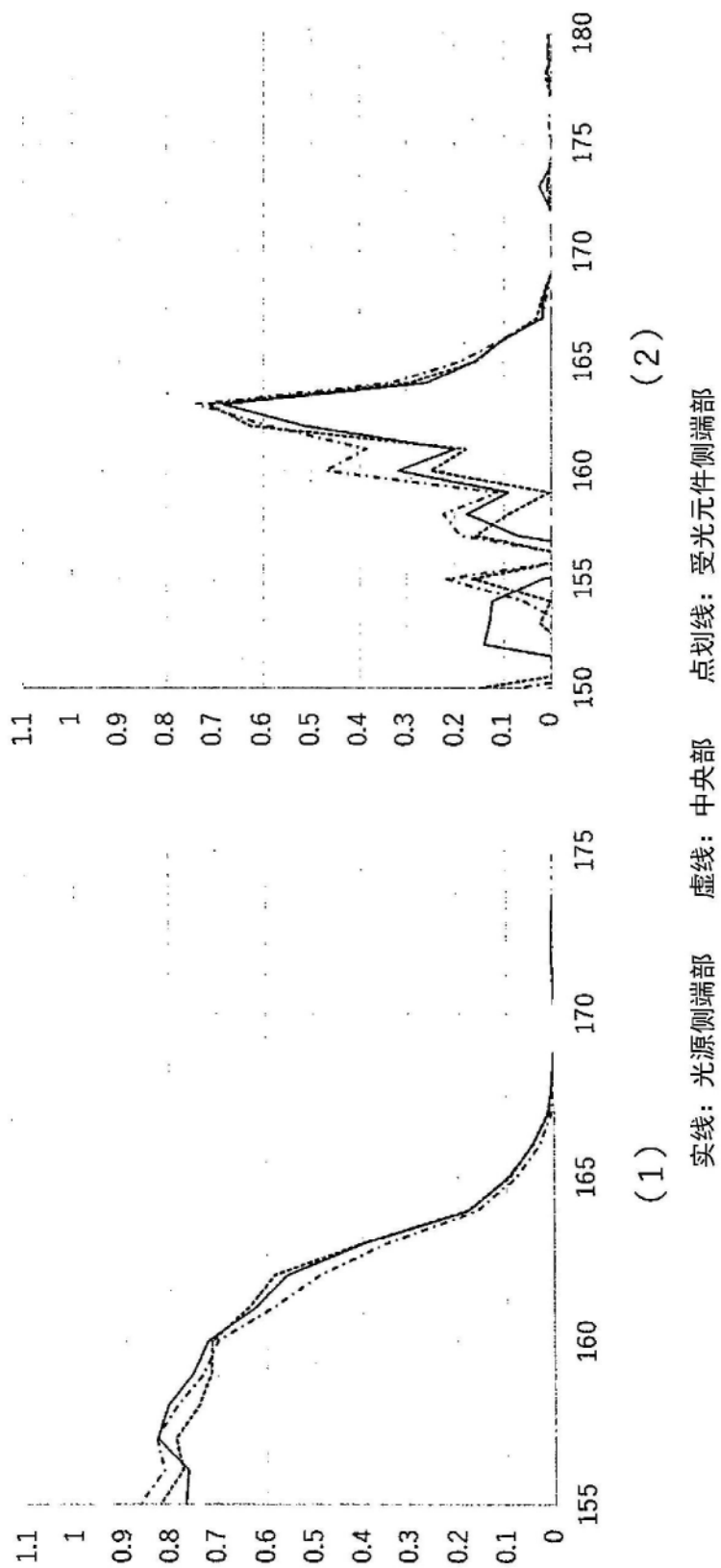


图14A

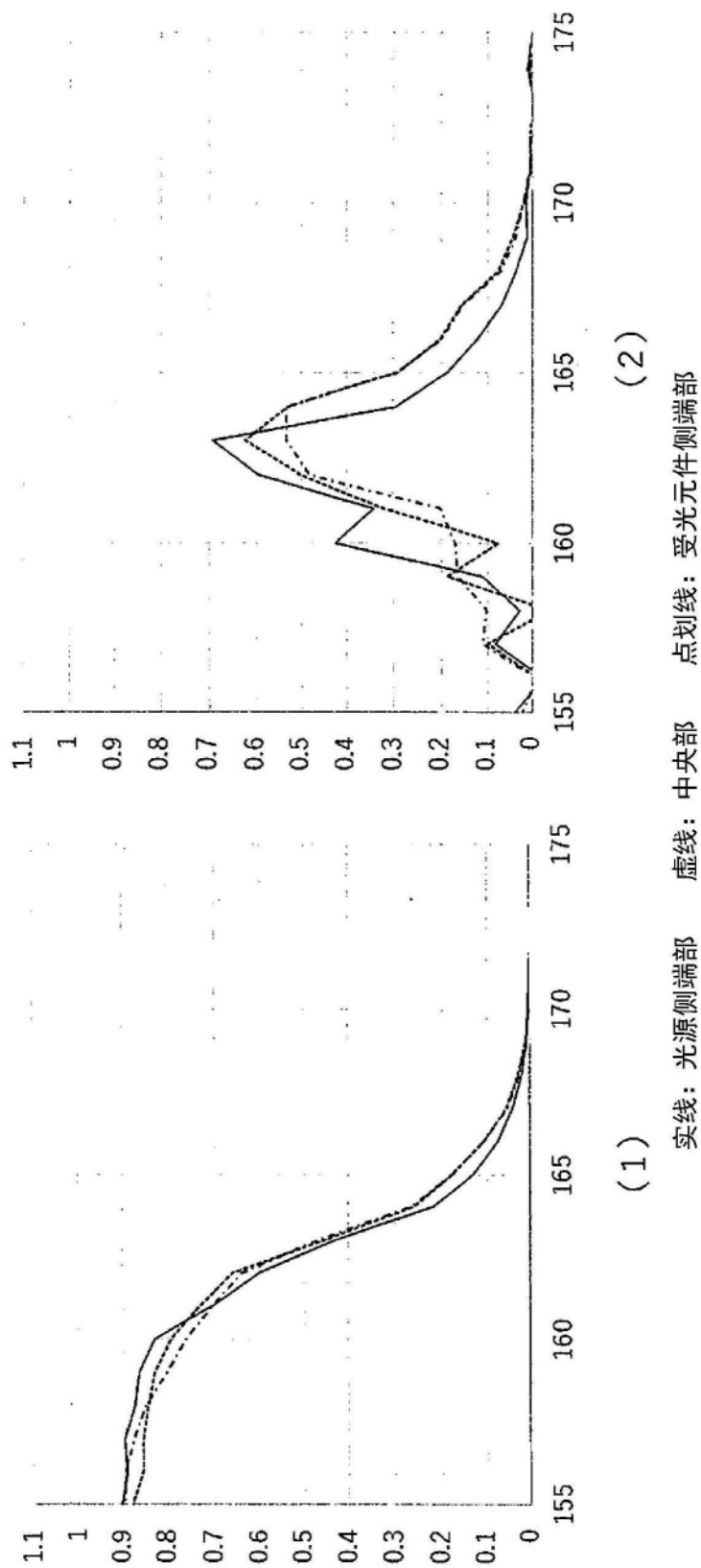


图14B

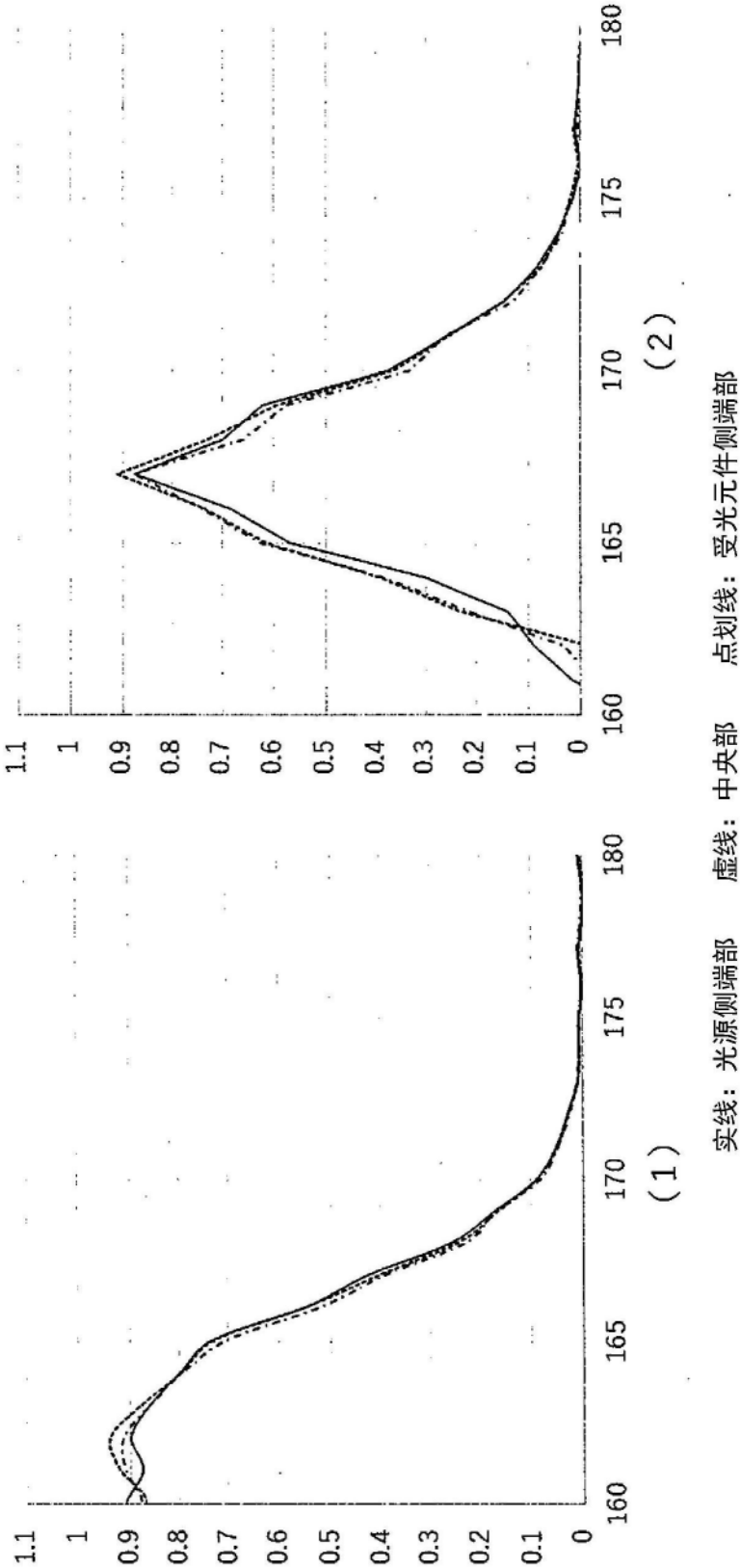


图14C

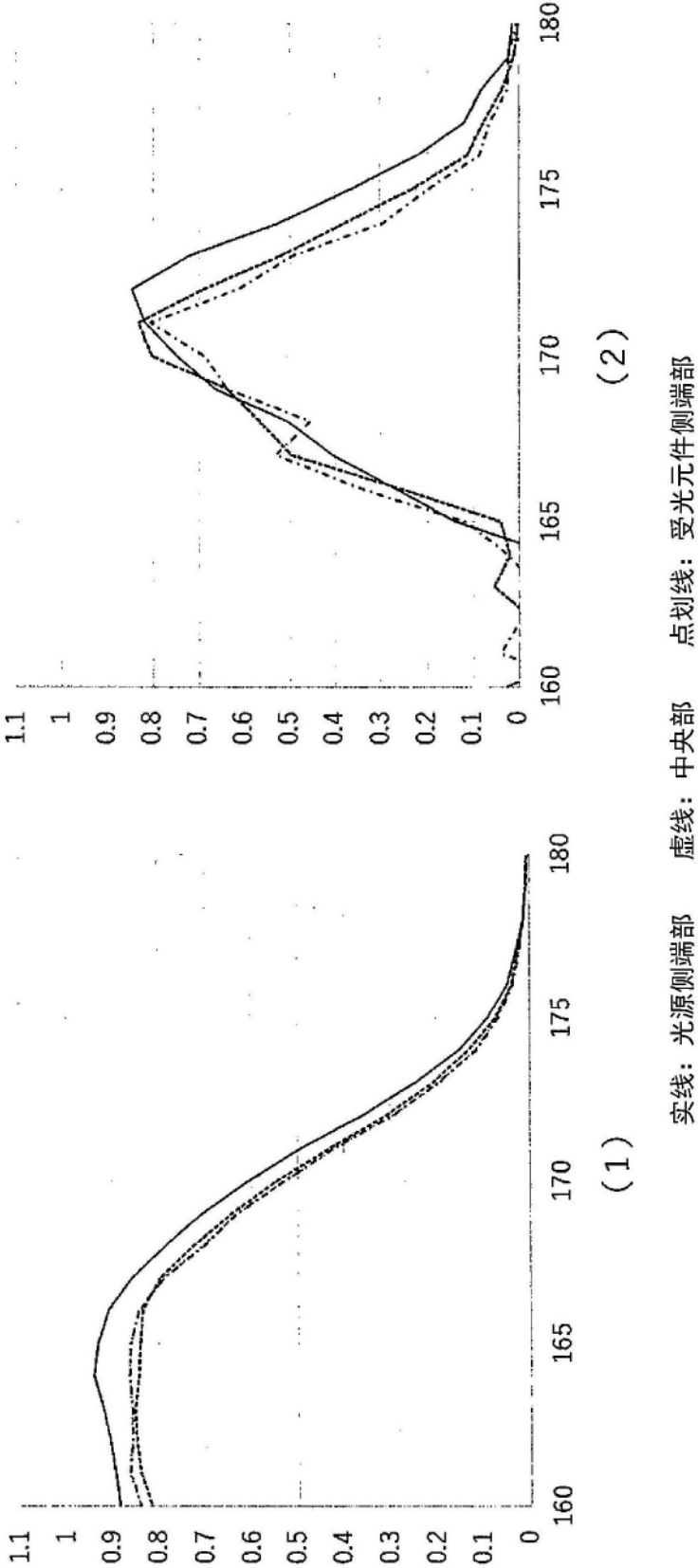


图14D

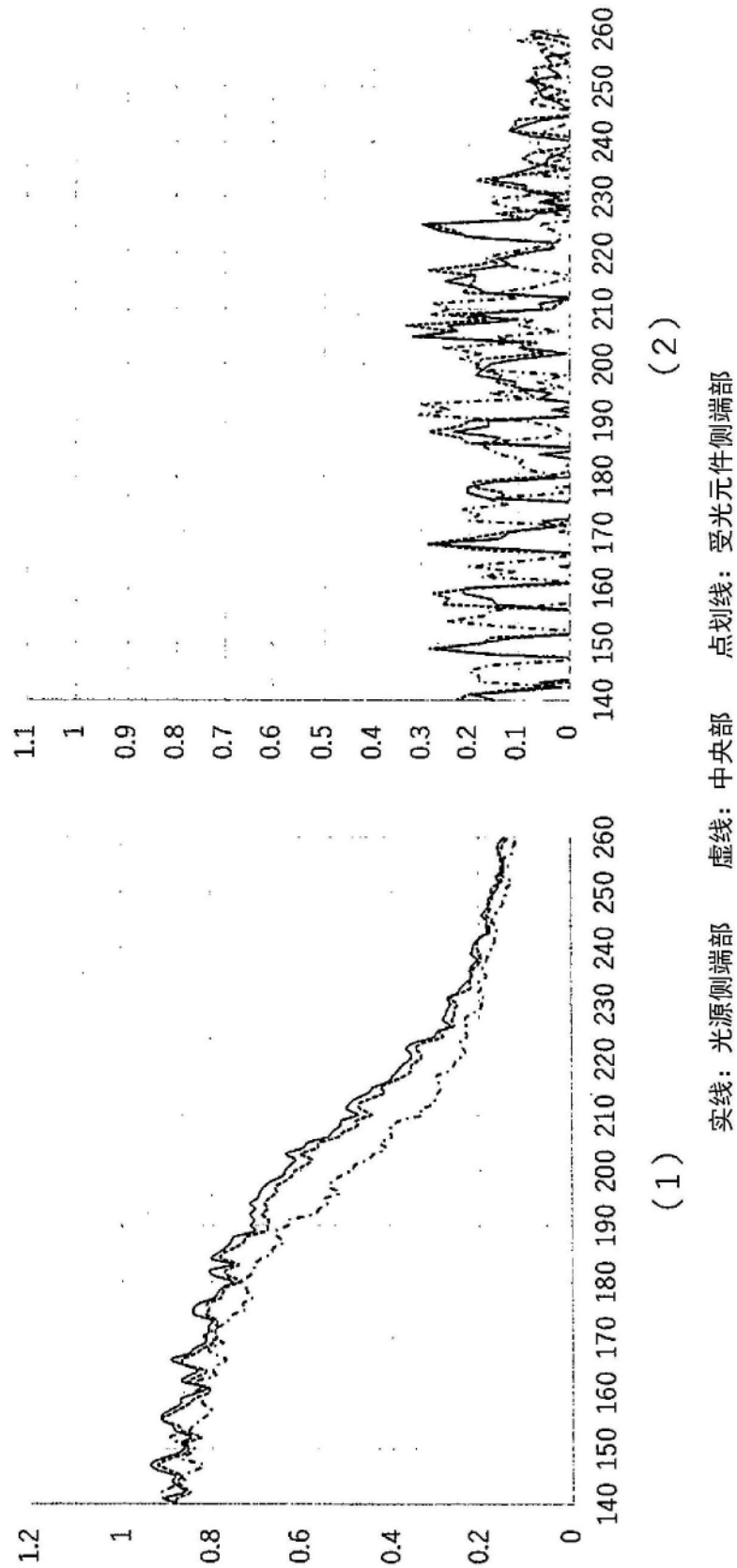


图15A

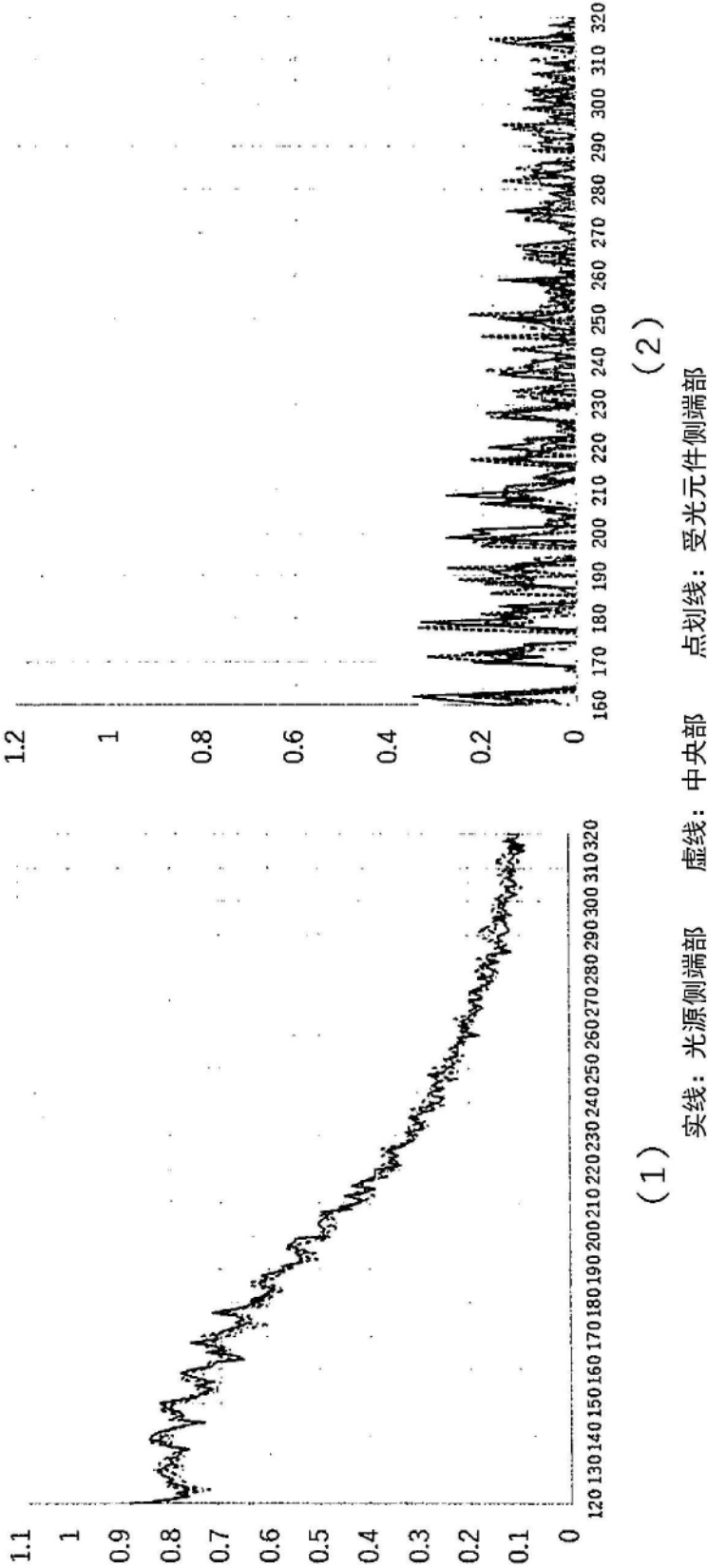


图15B

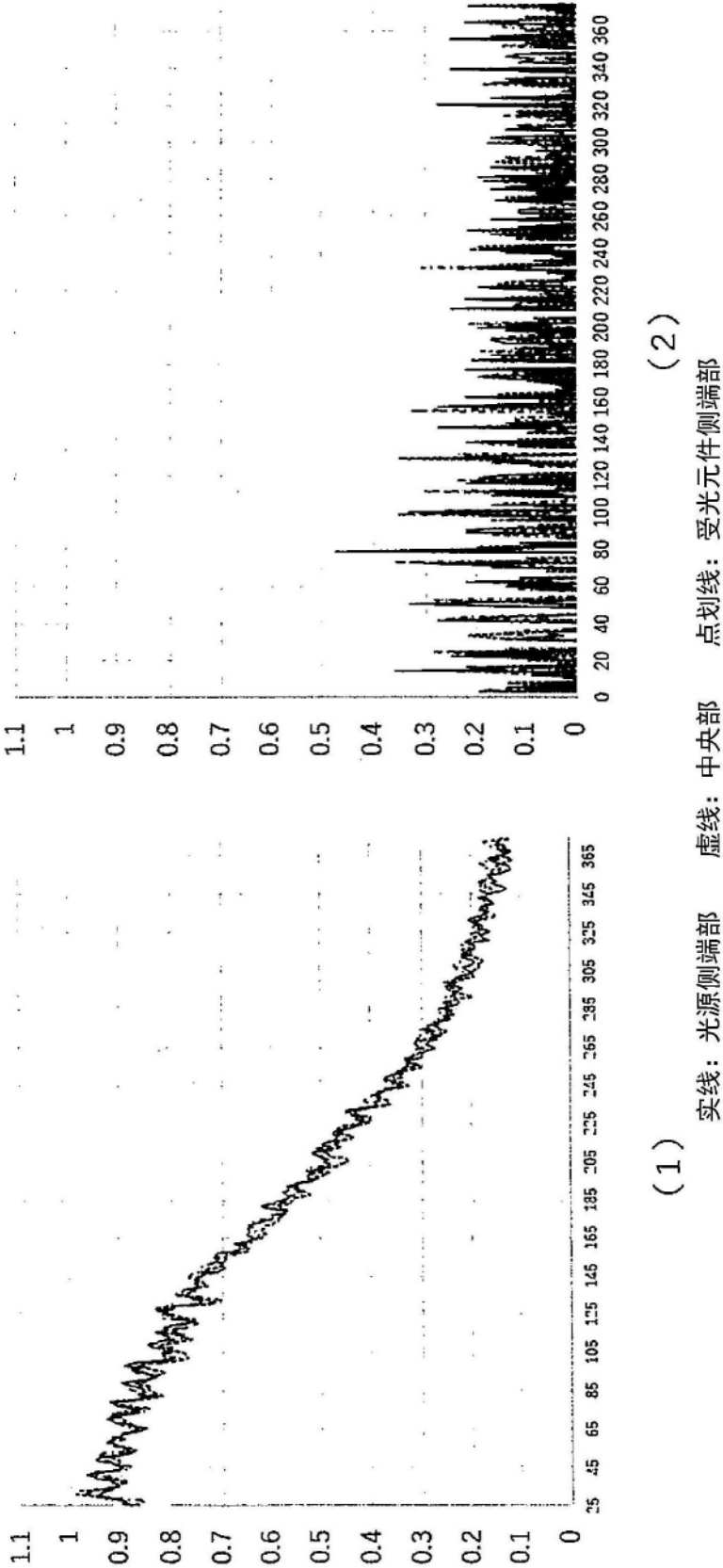


图15C

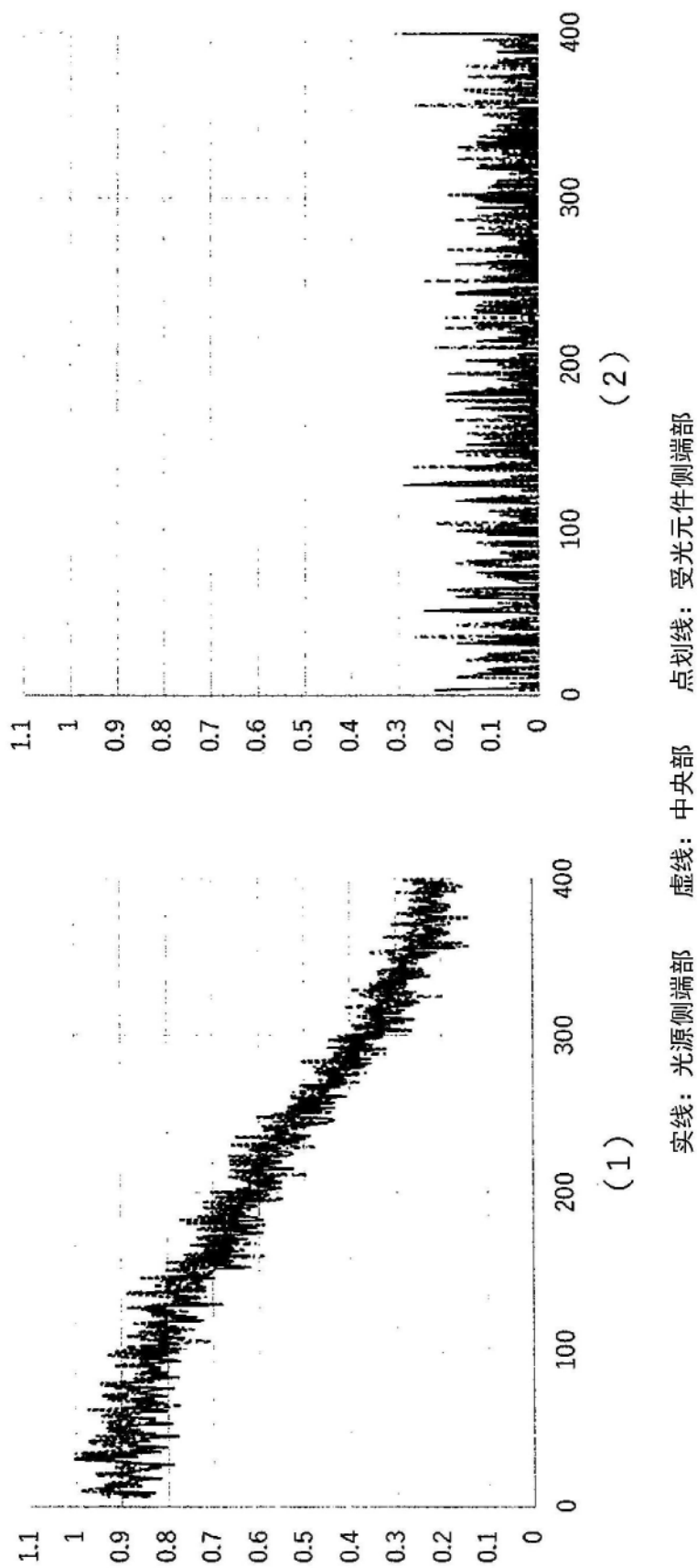


图15D

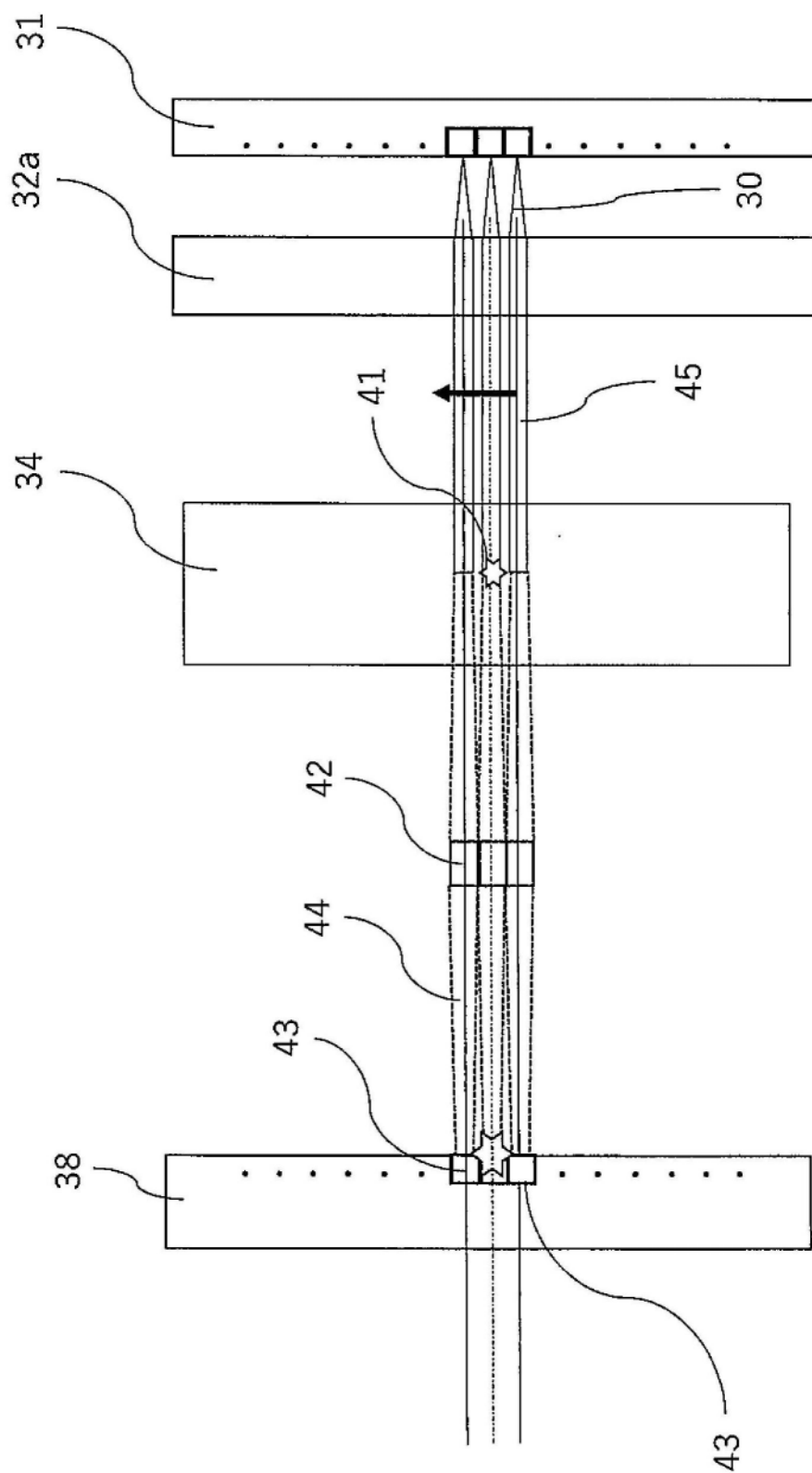


图16

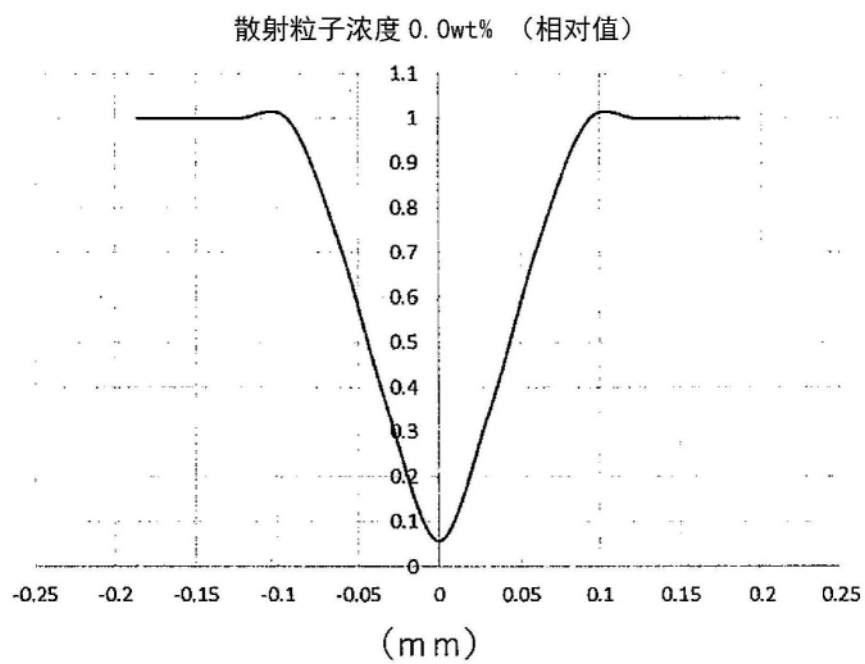


图17A

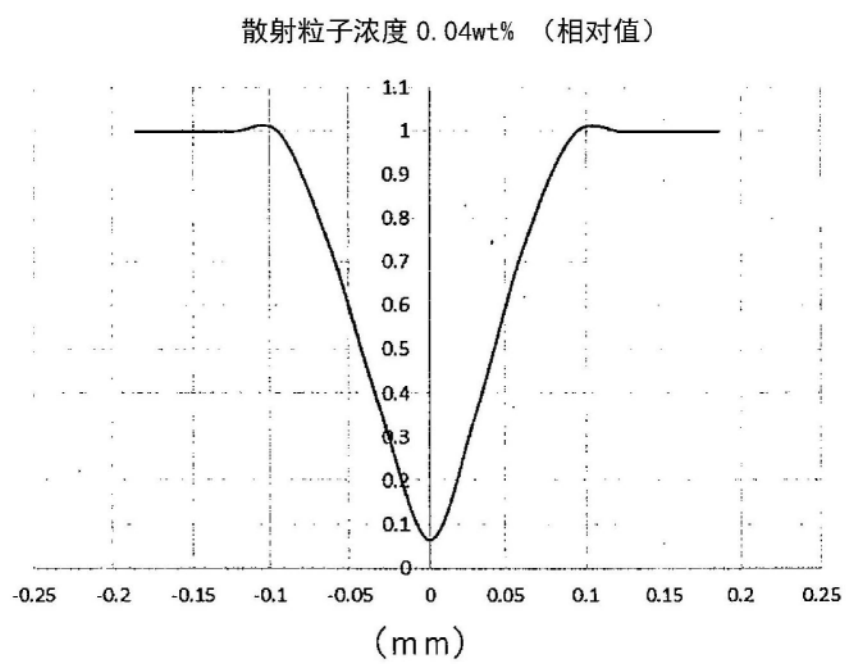


图17B

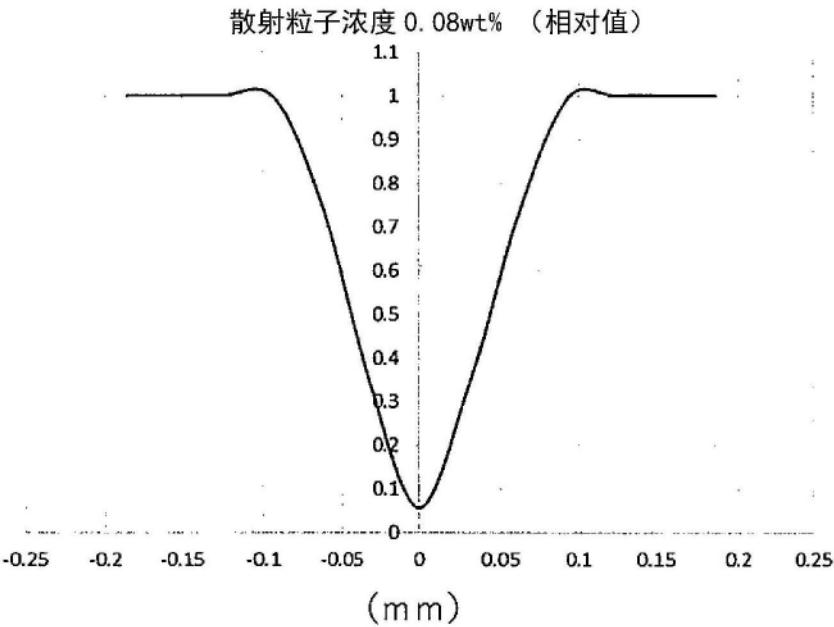


图17C

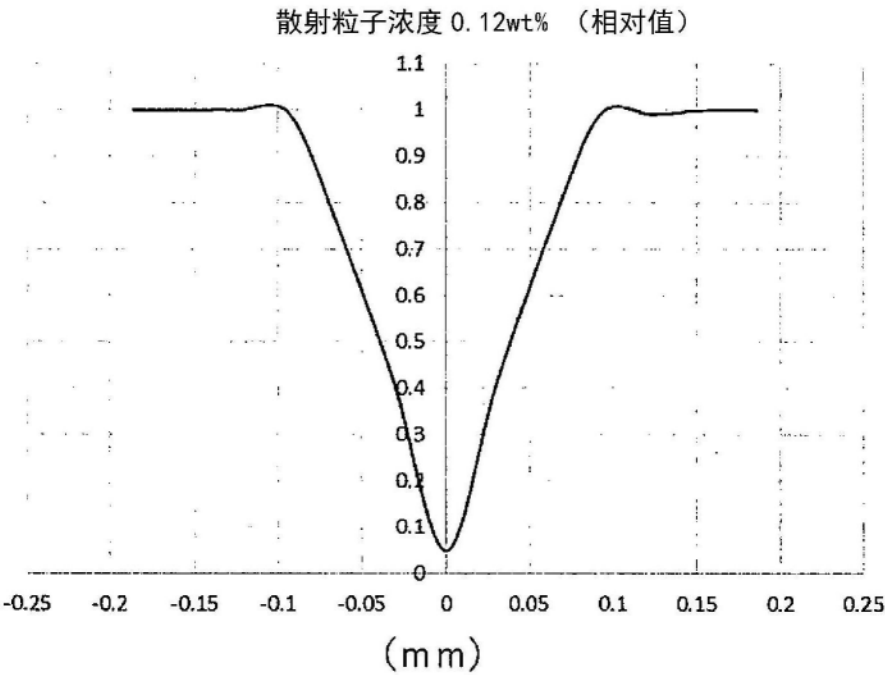


图17D

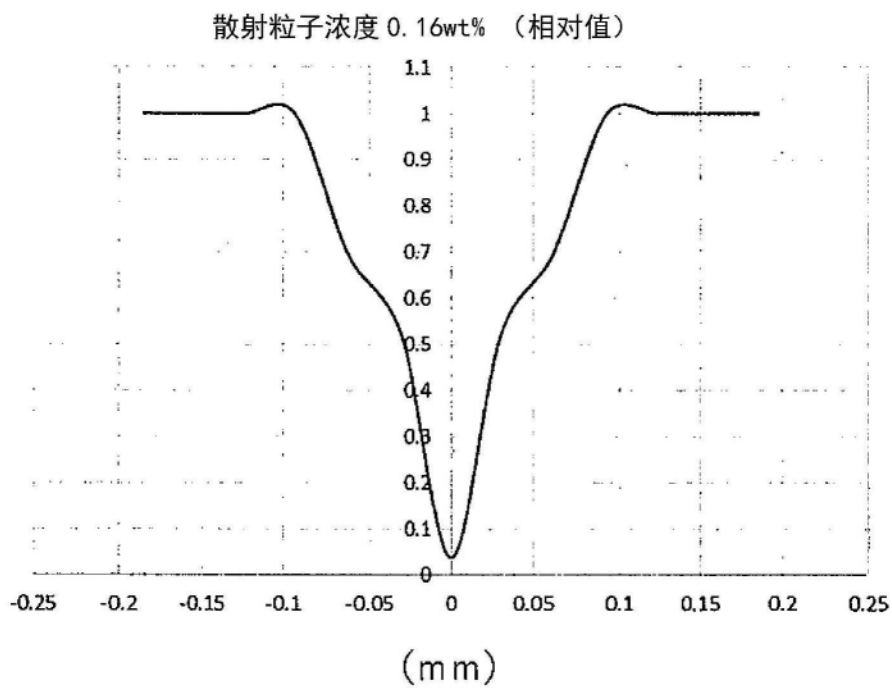


图17E

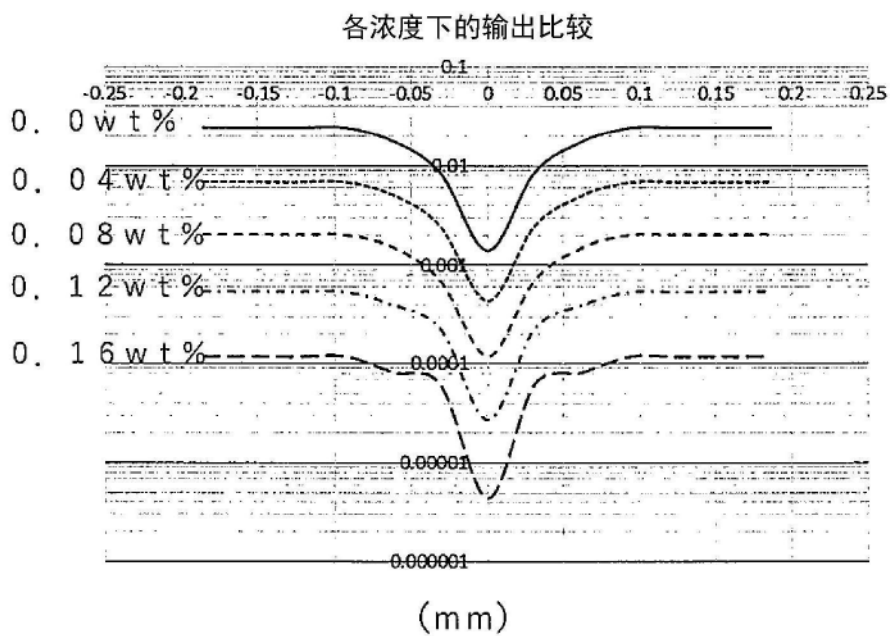


图17F

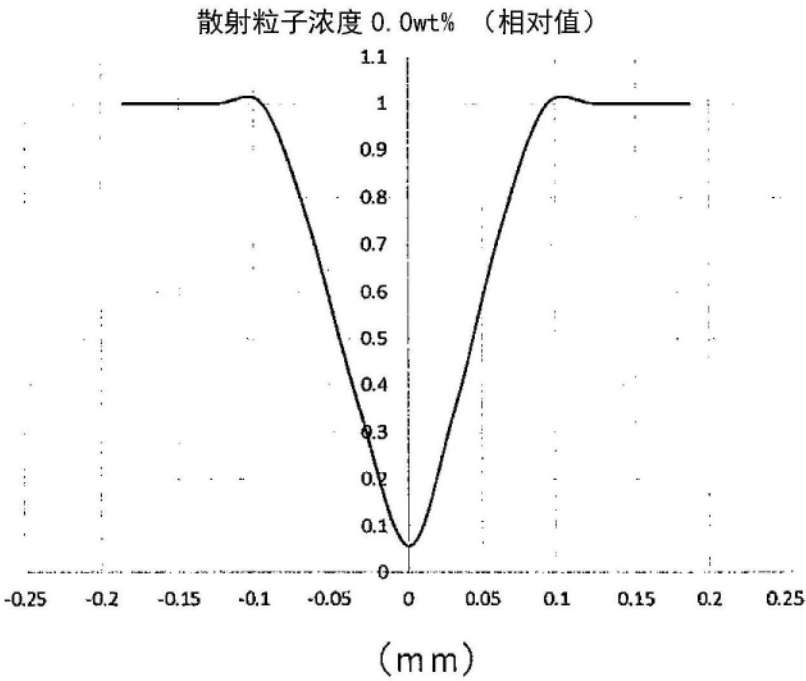


图18A

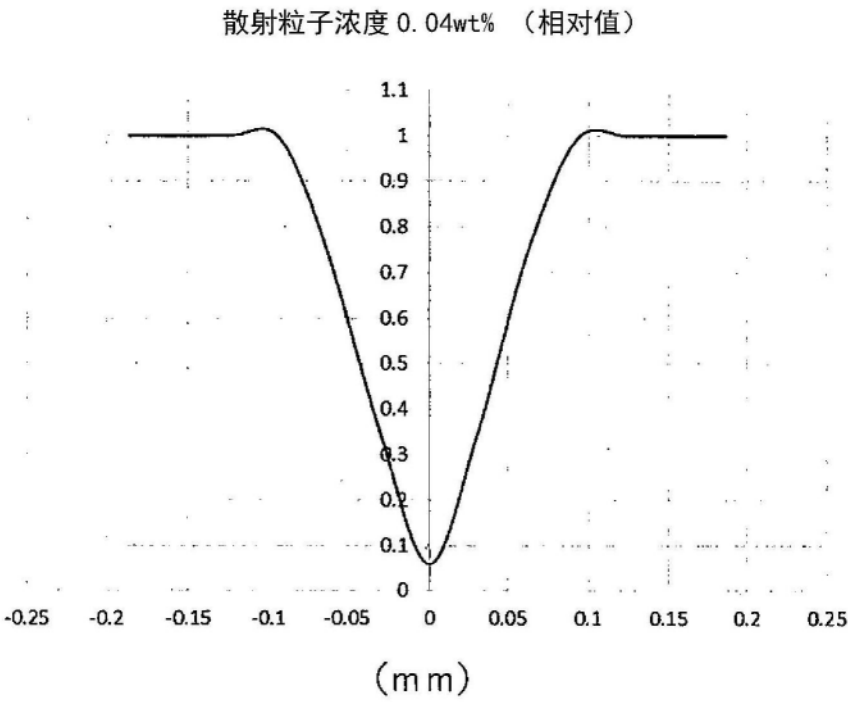


图18B

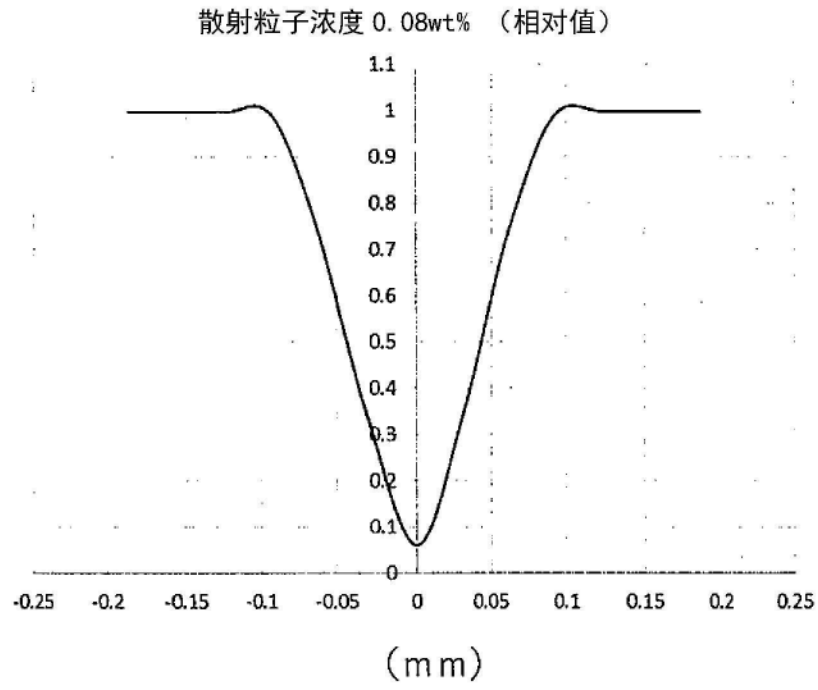


图18C

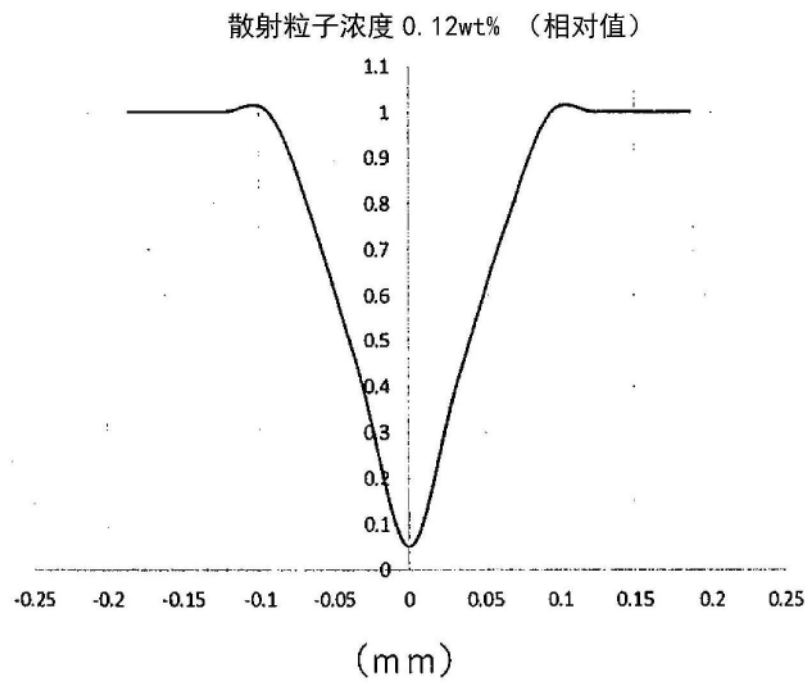


图18D

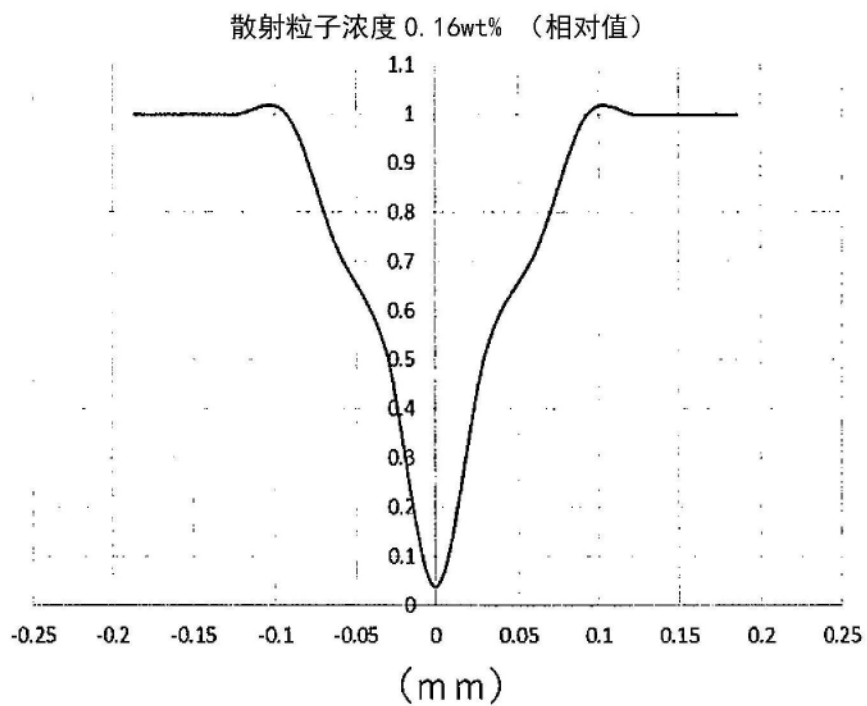


图18E

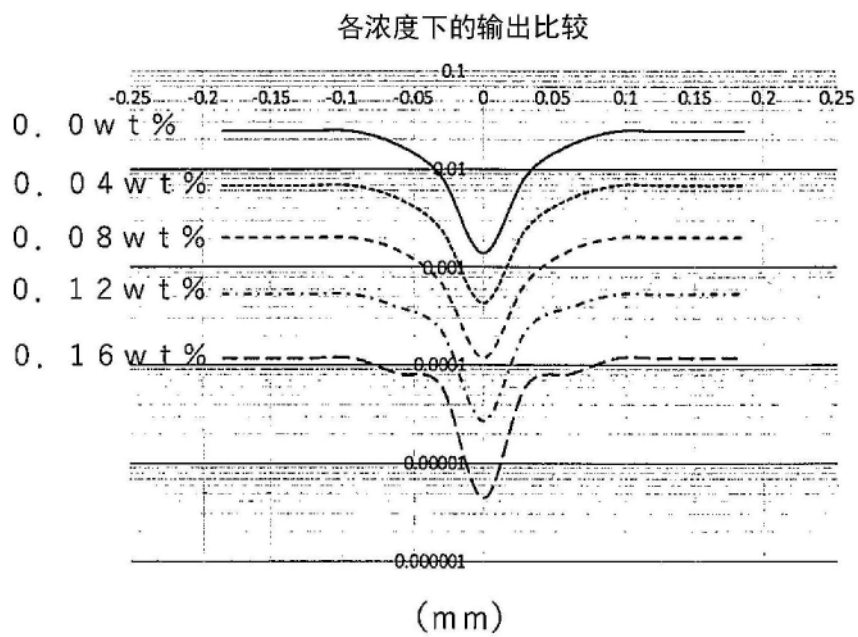


图18F

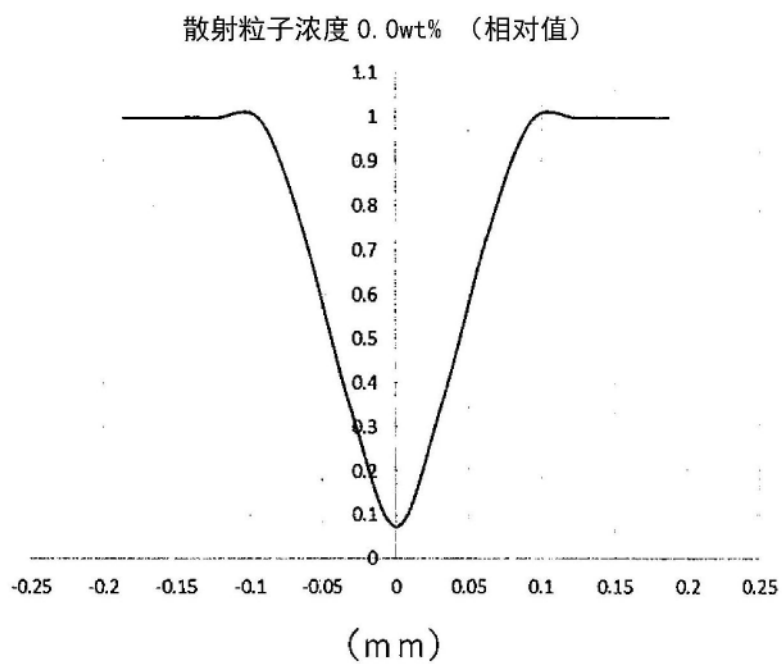


图19A

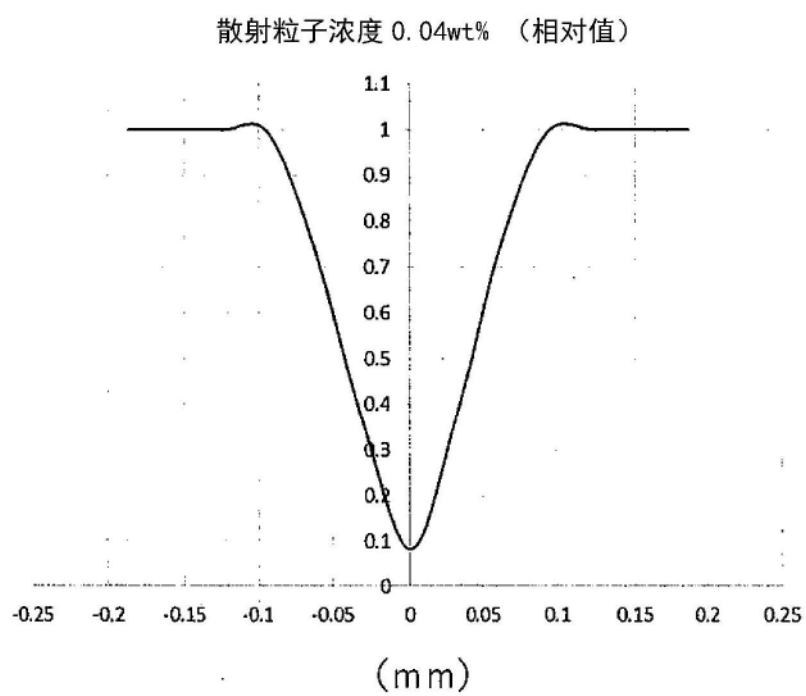


图19B

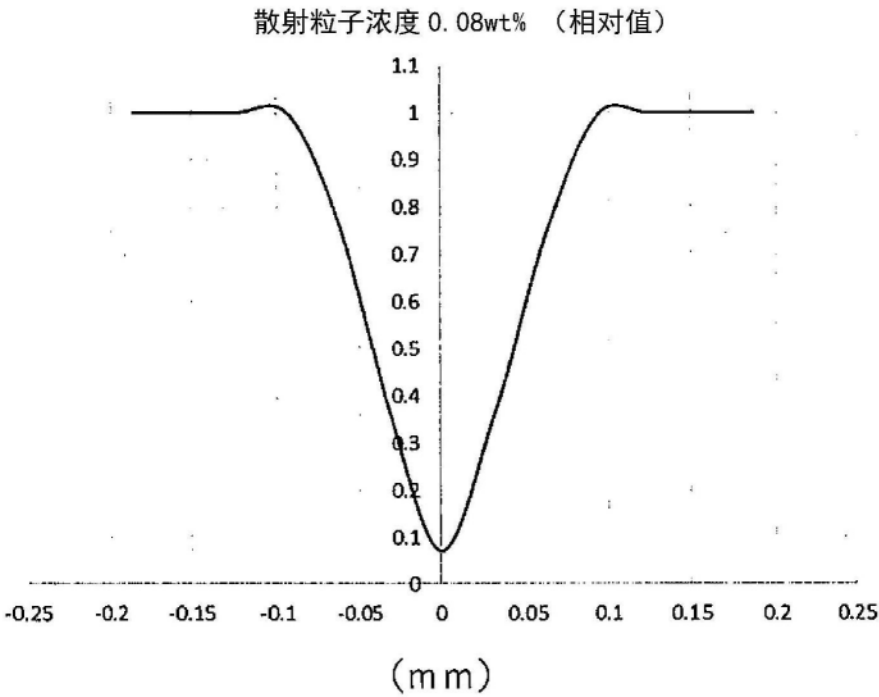


图19C

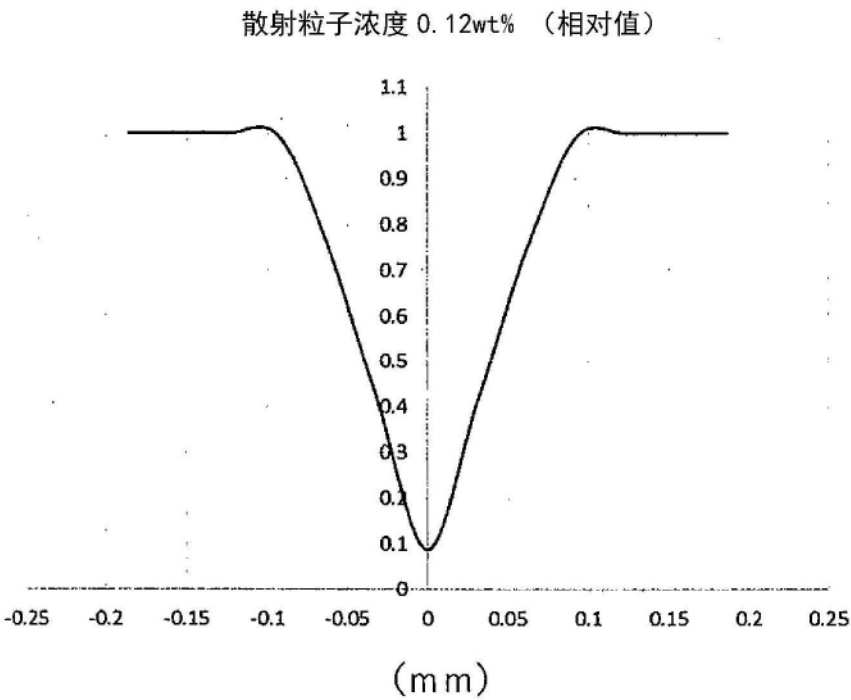


图19D

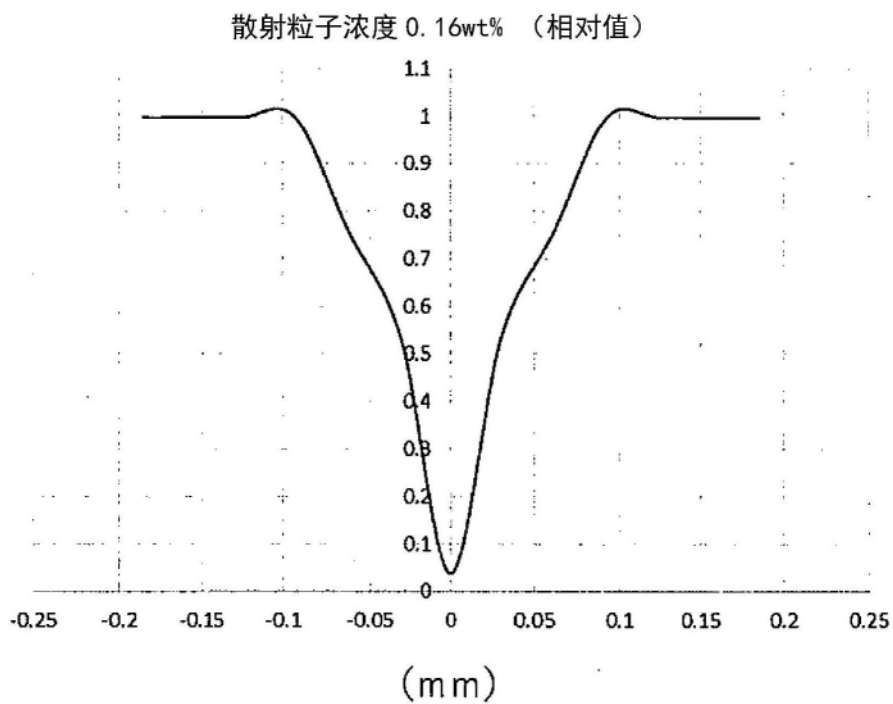


图19E

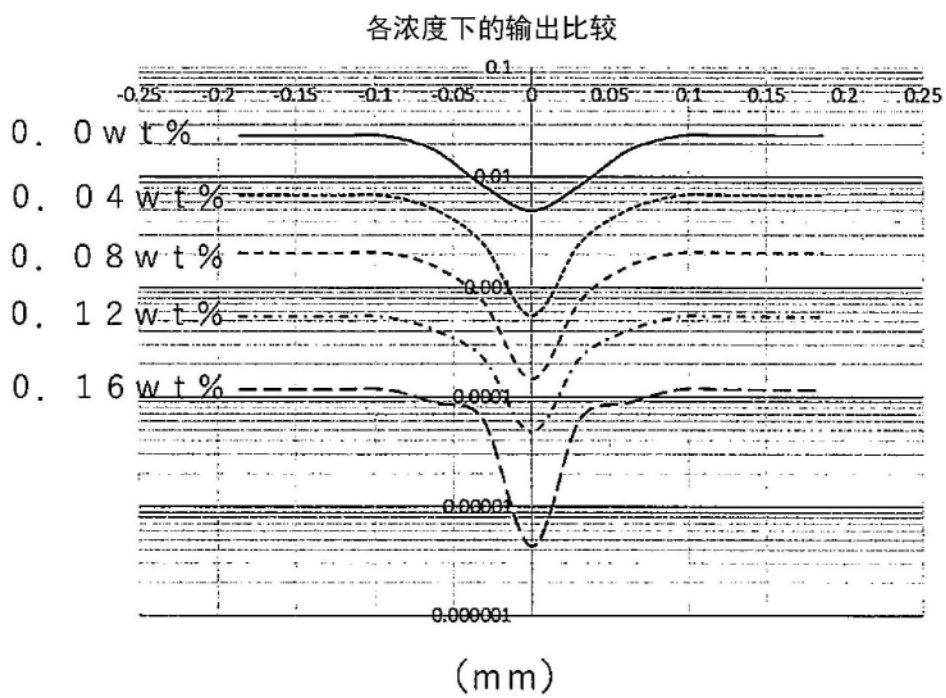


图19F

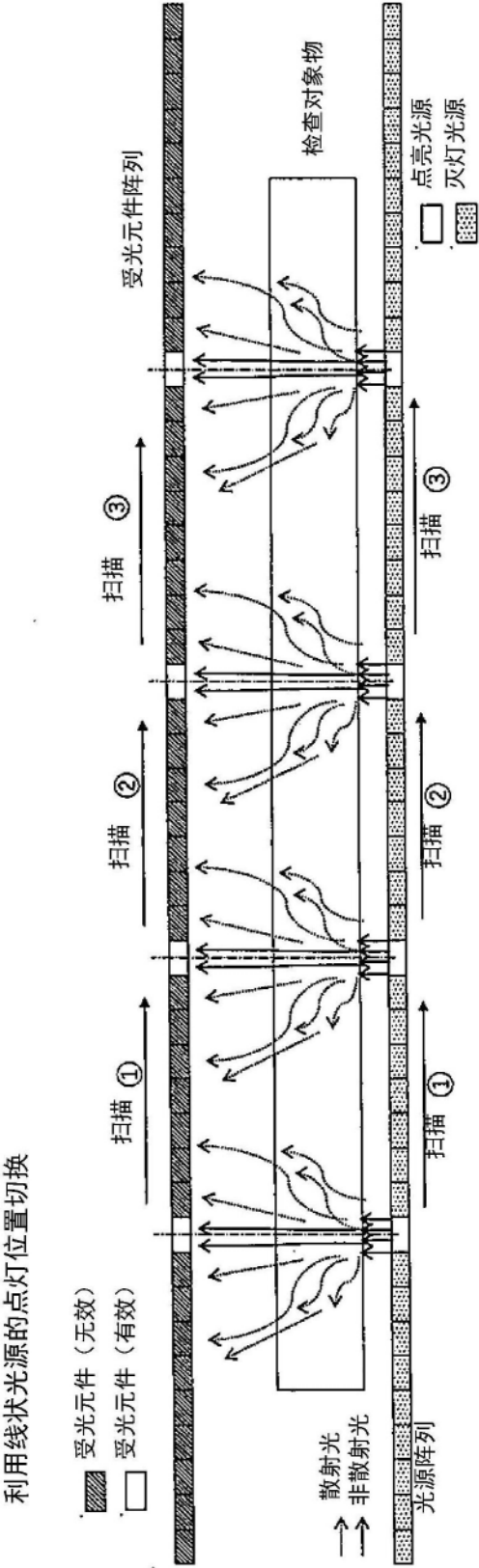


图20

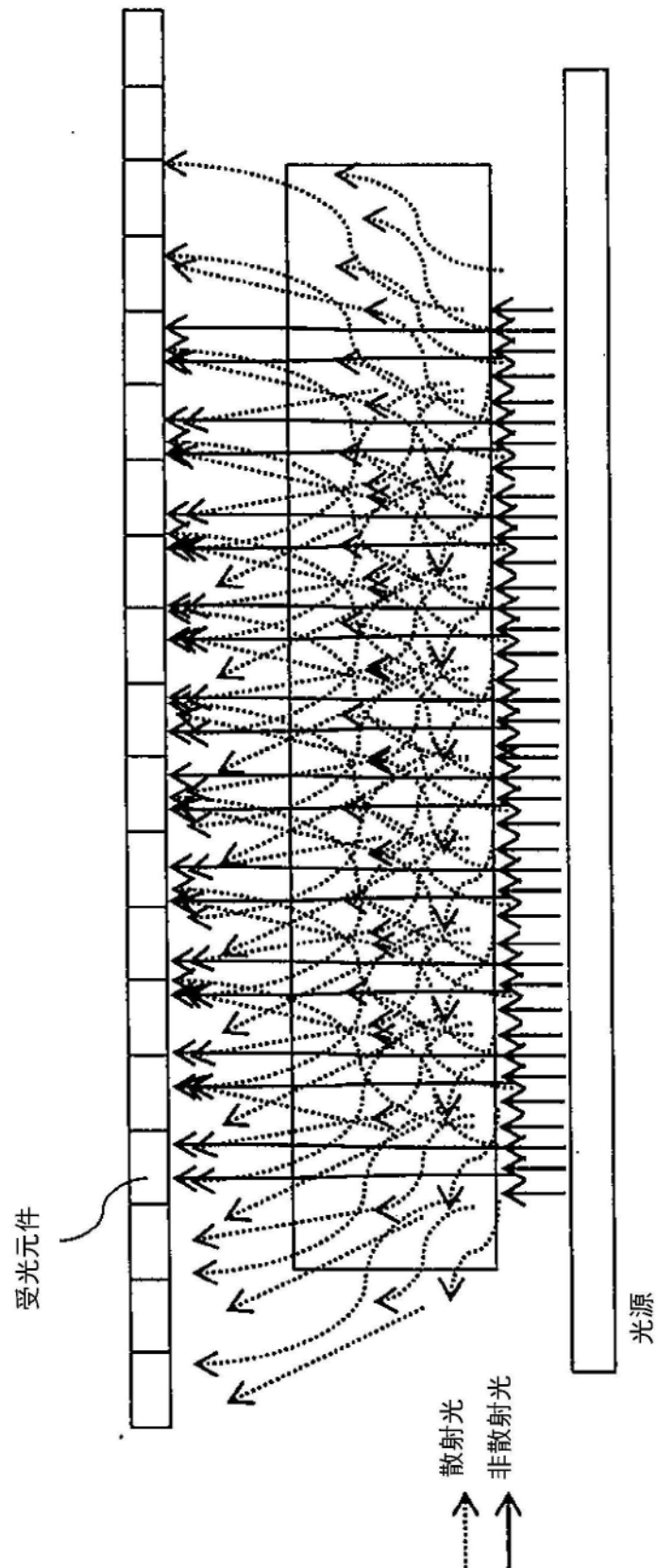


图21

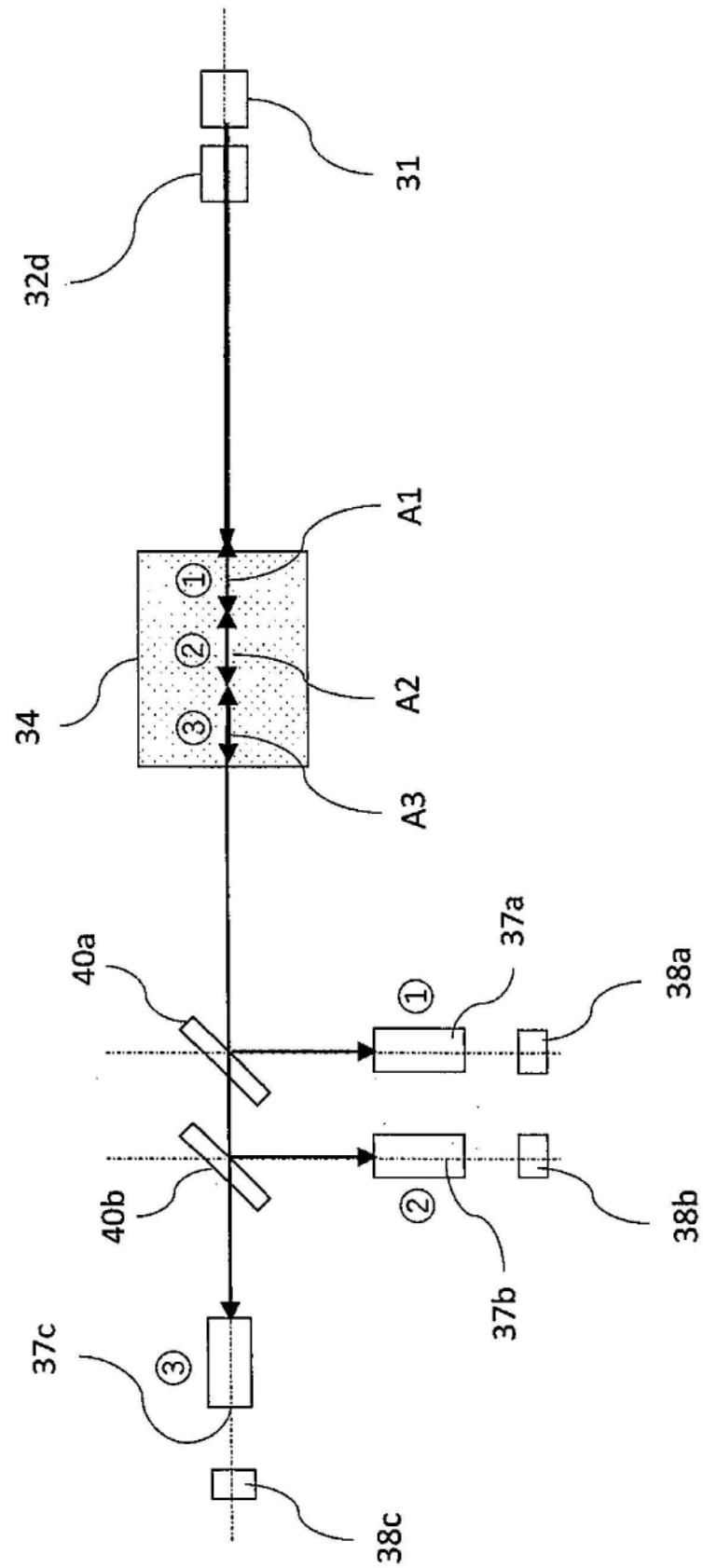


图22